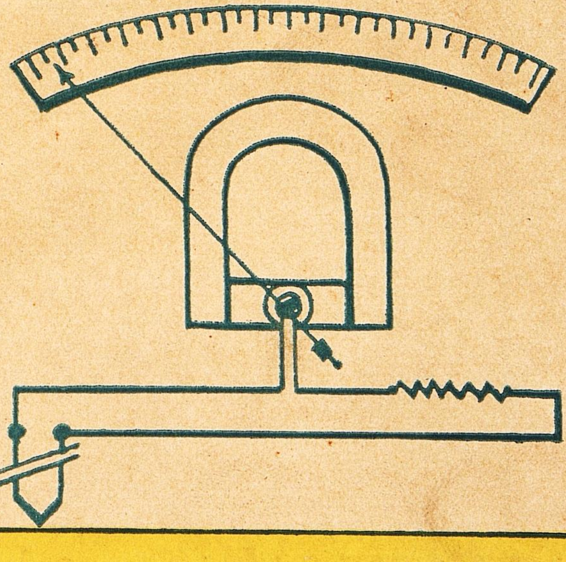
மின் அளவைக் கருவிகள்

(ELECTRICAL MEASURING INSTRUMENTS)

ஆர். கே. சுப்பிரமணியன்



தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த.பா.நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—629

மின் அளவைக் கருவிகள்

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்படி வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்

ஆர். கே. சுப்பிரமணியன், பி.இ. (ஆனர்ஸ்),
எம்.எஸ்ஸி. (பொறியியல்),
விரிவுரையாளர், மின்னியல் துறை,
அழகப்பச் செட்டியார் பொறியியல் தொழில்நுட்பக் கல்லூரி,
காரைக்குடி

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—June, 1975

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 629

© Tamilnadu Textbook Society

Electrical Measuring Instruments

R. K. SUBRAMANIAN

Price Rs. 8-80

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of Books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed by
Tax and Company Law Press,
Madras - 600032.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்

(தமிழகக் கல்வி அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினைந்தாண்டு கள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பட்டப் படிப்பு வகுப்புவரை மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வருகின்றனர். 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள் ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளில் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர் களுக்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சி யைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகமும், சென்னைப் பல்கலைக் கழகமும் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப் பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், மெய்ப் பொருளியல், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல், சட்டம் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் மூல நூல்கள் மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான **'மின் அளவைக் கருவிகள்'** என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் **629**ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான **35** நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை **664** நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக் கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

தமிழில் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும் என்பதே நம் குறிக்கோளாகும். கல்லூரிகளிலும் பல்கலைக் கழகங்களிலும், கலையியற் பாடங்களையும், அறிவியற் பாடங்களையும், தொழில்நுட்ப அறிவுப் பாடங்களையும் பயிலுகின்ற மாணவர்கள், அவற்றைத் தமிழில் பயில வேண்டும் என்பதை வலியுறுத்தி வருவதற்குக் காரணம், தமிழறிவு வளர வேண்டும் என்பதைவிட, தமிழ் மக்களின் அறிவு ஆற்றல் எளிதாக, விரைவாக வளரவேண்டும் என்பதுதான். 'எதிலும் தமிழ் எங்கும் தமிழ்' என்ற குறிக்கோளை நிறைவேற்ற வேண்டிய கட்டுப்பாடு, தமிழகத்து ஆசிரியப் பெருமக்களையும் மாணவர்களையும் சார்ந்த தாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவி களுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம்கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

		பக்கம்
1. அடிப்படைத் தத்துவங்கள்	...	**1**
1·1. மின் அளவைக் கருவிவகைகள்	...	1
1·2. வேலை செய்யும் தத்துவங்கள்	...	2
1·3. மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவு	...	2
1·4. காந்தப் புலனில் மின்னோட்டத்தைப் புரட்டுவதால் ஏற்படும் விளைவுகள்	...	6
1·5. மின்னோட்டச் சுருளுக்கும் நிலைக்காந்தத்திற்கும் இடையே ஏற்படும் விசை	...	7
1·6. மின்னோட்டம் பாயும் இரு சுருள்களின் காந்த விளைவு	...	10
1·7. மின்னோட்டத்தின் சூடாக்கும் விளைவு	...	10
1·8. மின்னோட்டத்தின் இரசாயன விளைவுகள்	...	11
1·9. மின்காந்தத் தூண்டல் விளைவு	...	12
1·10. மின்னழுத்தத்தின் நிலைமின் விளைவுகள்	...	13
1·11. காட்டும் கருவிகள்	...	15
1·12. கட்டுப்படுத்தும் விசை	...	16
1·13. வில் மற்றும் ஈர்ப்புக் கருவிகளின் அளவுத் திட்டம்	...	19
1·14. ஒடுக்கல்	...	23
1·15. காட்டும் கருவிகளின் அமைப்பு	...	26
1·16. பதி கருவிகள்	...	28
1·17. தொகு கருவிகள்	...	29
2. மின்னோட்டமானிகளும் மின்னழுத்தமானிகளும்	...	**32**
2·1. அறிமுகம்	...	32
2·2. திறனிழப்பு	...	33
2·3. மின்னோட்ட மற்றும் மின்னழுத்தமானி வகைகள்	...	33

பக்கம்

2·4. மின்னோட்ட மற்றும் மின்னழுத்த மானிகளில் ஏற்படும் பொதுப்பிழைகள் ... 34

2·5. இயங்கிரும்புக் கருவிகள் ... 35

2·6. (அ) கவர்ச்சி வகை இயங்கிரும்புக் கருவிகள் ... 36

(ஆ) எதிர்த்துத் தள்ளும் வகை இயங்கிரும்புக் கருவிகள் ... 39

2·7. சுழற்றுமைக்கும் மின் நிலைமத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு ... 43

2·8. இயங்கிரும்புக் கருவிகளில் ஏற்படும் பிழைகள் ... 45

2·9. இயங்கிரும்புக் கருவிகளின் அனுகூலங்கள் ... 46

2·10. இயங்கும் சுருள் கருவிகள் ... 50

2·11. இயங்கும் சுருள் நிலைக்காந்த வகை ... 50

2·12. இயங்கும் சுருள் நிலைக்காந்த வகை அனுகூலங்கள் 52

2·13. இயங்கும் சுருள் நிலைக்காந்த வகைக் கருவிகளின் நெடுக்கம் விரிவாக்கல் ... 52

2·14. இயங்களவி வகை இயங்கும் சுருள் கருவிகள் ... 56

2·15. இயங்களவி வகையில் உள்ள பிழைகளும் பிரதிகூலங்களும் ... 59

2·16. சுடு கம்பி வகைக் கருவிகள் ... 62

2·17. விரிவைப் பெரிதாக்கல் ... 63

2·18. சுடுகம்பி கருவிகளின் அனுகூலங்கள் ... 65

2·19. நிலைமின் கருவிகள் ... 68

2·20. கால் வட்ட வகை நிலைமின் கருவிகள் ... 68

2·21. கவர்ச்சித் தட்டு வகை நிலைமின் கருவிகள் ... 71

2·22. நிலைமின் கருவியின் அனுகூலங்கள் ... 71

2·23. நிலை மின்னழுத்த மானிகளின் ஏனைய வடிவங்கள் 72

2·24. தூண்டல் கருவிகள் ... 74

2·25. பெராரீஸ் வகை ... 76

2·26. அலைவெண் மற்றும் வெப்பநிலைப் பிழைகளுக்கு ஈடுசெய்தல் ... 80

2·27. மறைக்கப்பட்ட முனை வகை ... 80

பக்கம்

2·28. தூண்டல் கருவிகளின் அனுகூலங்கள் ... 84

2·29. மற்றவகைக் கருவிகள் ... 84

2·30. மௌலின் வெப்பமின்னணு மின்னழுத்த மானி ... 84

2·31. திருத்திக் கருவிகள் ... 85

3. கருவிகளின் நெடுக்கம் விரிவாக்கல் ... 90

3·1. விரிவாக்கும் முறைகள் ... 90

3·2. இணைத்தடங்கள் ... 90

3·3. மின்னோட்டமானி இணைத் தடங்களுக்கு உண்டான தேவைகள் ... 93

3·4. மின்னழுத்தமானி பெருக்கிகள் ... 96

3·5. நிலைமின் மின்னழுத்தமானிகளின் நெடுக்கம் விரிவாக்கல் ... 98

3·6. மின் தடை மின்னழுத்தப் பிரிப்பான் ... 98

3·7. மின்தேக்கி மின்னழுத்தப் பிரிப்பான் ... 98

3·8. கருவி மின் மாற்றிகள் ... 102

3·9. மின்னோட்ட மின்மாற்றிகள் ... 102

3·10. மின்னோட்ட மின்மாற்றிகளால் ஏற்படக்கூடிய பிழைகள் ... 105

3·11. மின்னோட்ட மின்மாற்றியைப் பயன்படுத்தல் ... 106

3·12. மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் துணை மின் சுற்றைத் திறத்தல் ... 107

3·13. மின் சுற்று திறத்தலுக்குப் பிறகு காந்த நீக்கம் செய்தல் ... 108

3·14. மின்னழுத்த மின் மாற்றிகள் ... 113

3·15. மாற்று விகிதம் ... 115

3·16. மின்னழுத்த மின் மாற்றி ஏற்படுத்தும் பிழைகள் ... 118

4. திறனும் அதை அளக்கும் முறைகளும் ... 122

4·1. திறன் ... 122

4·2. மின்சுற்றில் இணைக்கும் முறைகள் ... 124

			பக்கம்
4·3.	மின்னழுத்தச் சுருளில் ஏற்படும் திறனிழப்புக்கு ஈடுசெய்தல்	...	125
4·4.	திறனளவியின் பிழைகள்	...	128
4·5.	திறனளவியின்றித் திறனை அளத்தல்	...	132
4·6.	முன்னிலைத் திறன் அளத்தல்	...	135
4·7.	மூன்று திறனளவிகள் முறை	...	135
4·8.	இரு திறனளவிகள் முறை	...	136
4·9.	ஒரு திறனளவி முறை	...	139
4·10.	மின் நடுநிலைப்புள்ளி இல்லாத சமமான 3 நிலை மின்சுற்றில் திறன் அளத்தல்	...	141
5.	**திறனளவிகள்**	...	**149**
5·1.	திறனளவியின் வகைகள்	...	149
5·2.	இயங்களவி வகை	...	149
5·3.	முறுக்குத் திறனளவிகள்	...	150
5·4.	அதிக மின்னோட்டப் படித்தரத் திறனளவிகள்	...	151
5·5.	நேராகக் காட்டும் திறனளவிகள்	...	152
5·6.	சம்ப்னர் இரும்பு உள்ளகத் திறனளவி	...	156
5·7.	தூண்டல் வகைத் திறனளவிகள்	...	166
5·8.	இயங்களவி மற்றும் தூண்டல் வகைத் திறனளவிகளின் ஒப்பீடு	...	169
5·9.	நிலைமின் திறனளவிகள்	...	170
5·10.	நிலைமின் கருவிகளைப் பயன்படுத்தும் மற்ற வகைகள்	...	171
5·11.	நிலைமின் கருவிகளை மற்ற வகைத் திறனளவி அல்லது வாட்மணி மானிகளை அளவீடு செய்யப் பயன்படுத்தல்	...	174
5·12.	பன்னிலைத் திறனளவிகள்	...	176
5·13.	கூட்டல் முறைகள்	...	178
5·14.	எதிர்வினைத் திறனை அளத்தல்	...	179
5·15.	திறனளவியின் நெடுக்கம் விரிவாக்கல்	...	182

		பக்கம்
6.	**ஆற்றலளவிகள்**	... **188**
6·1.	ஆற்றலும் கட்டணமும்	... 188
6·2.	மின் பகுப்பளவிகள்	... 188
6·3.	ரீசன் அளவி	... 190
6·4.	மின் பகுப்பளவியின் அனுகூலங்களும் பிரதிகூலங்களும்	... 192
6·5.	மின்னேடி அளவிகள்	... 192
6·6.	மின்னேடி அளவிகளில் ஏற்படக்கூடிய பிழைகள்	... 193
6·7.	நேர் மின்சாரத்திற்கான மின்னேடி அளவிகள்	... 195
6·8.	ஆம்பியர்-மணி மின்னேடி அளவிகள்	... 195
6·9.	வாட்-மணி பாதரச அளவிகள்	... 197
6·10.	திசைமாற்றி அளவிகள்	... 200
6·11.	மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படுத்தக்கூடிய மின்னேடி அளவிகள்	... 202
6·12.	தூண்டல் ஆற்றலளவிகளில் ஏற்படக்கூடிய பிழைகளும் அவற்றை ஈடு செய்தலும்	... 204
6·13.	முன்னிலை ஆற்றலளவிகள்	... 213
6·14.	கடிகார அளவிகள்	... 215
6·15.	பதிவு செய்யும் இயந்திர அமைப்பு	... 219
7.	**கால்வனிமானியும் பாயமானியும்**	... **222**
7·1.	அறிமுகம்	... 222
7·2.	அலைவு காட்டும் கால்வனிமானி	... 222
7·3.	கால்வனிமானியை அளவீடு செய்தல்	... 227
7·4.	கால்வனிமானியுடன் இணைத்தடம் உபயோகித்தல்	... 231
7·5.	கால்வனிமானியைப் பாயத்தை அளக்கப் பயன்படுத்தல்	... 232
7·6.	கிராசாட் பாயமானி	... 236
7·7.	பாயமானியின் இணைத்தடம்	... 238

		பக்கம்
7·8.	பாயமானியைப் பயன்படுத்தி கசிவுக்காரணி கண்டுபிடித்தல்	... 239
7·9.	பாயமானியை மின்கணிய அளவியாகப் பயன்படுத்தல்	... 240
8.	**பலவகைப்பட்ட கருவிகள்**	**... 247**
8·1.	பலவகைப்பட்ட கருவிகள்	... 247
8·2.	முன்பணம் செலுத்தும் அளவிகள்	... 247
8·3.	பெருமத் தேவைக்காட்டி	... 248
8·4.	மெர்ஸ்-பிரைஸ் தேவைக்காட்டி	... 250
8·5.	அலைவெண் அளவிகள்	... 251
8·6.	அதிரும் அதிர்வுத் தகடு அலைவெண் அளவி	... 252
8·7.	மின் ஒத்திசைவு அலைவெண் கருவிகள்	... 253
8·8.	வெஸ்டன் அலைவெண் அளவி	... 255
8·9.	திறன்கூறு அளவிகள்	... 257
8·10.	இயங்களவி வகை ஒருநிலைத் திறன்கூறு அளவிகள்	... 258
8·11.	சமநிலை முன்னிலைச் சுமைகளுக்கான இயங்களவி வகைத் திறன்கூறு அளவி	... 259
8·12.	இயங்கிரும்புத் திறன்கூறு அளவிகள்	... 260
8·13.	இயங்கிரும்புச் சுழலும் புலன் வகை	... 260
8·14.	நல்டர்-லிப்மன் திறன்கூறு அளவி	... 261
8·15.	இணக்கங்காட்டிகள்	... 262
8·16.	வெஸ்டன் இணக்கங்காட்டி	... 262
8·17.	இயங்கிரும்பு வகை	... 263
விடைகள்		**... 267**
துணை நின்ற நூல்கள்		**... 270**
கலைச்சொற்கள்		**... 271**

1. அடிப்படைத் தத்துவங்கள்

(Fundamental Principles)

1·1. மின் அளவைக் கருவி வகைகள்

மின் அளவைக் கருவிகளைப் பொதுவாகக் கீழ்க்கண்ட இருவகைகளாகப் பிரிக்கலாம் :

(அ) முதற் கருவிகள் (Absolute instruments)

(ஆ) துணைக் கருவிகள் (Secondary instruments)

முதற்கருவிகளைப் பயன்படுத்த வேறு படித்தர (standard) கருவிகளுடன் ஒப்பிடத் தேவை இல்லை. அவற்றின் நிலையெண்கள் (constants) மற்றும் விலக்கம் (deflection) இவைகளைப் பொறுத்து அளக்கப்பட வேண்டிய கணியம் (quantity) கணக்கிடப்படும். ஆனால், துணைக்கருவிகள், முதற் கருவிகளுடன் ஒப்பிடப்பட்டு அளவீடு (calibration) செய்யப்பட்டிருக்கும். துணைக்கருவிகளே பெரும்பாலும் உபயோகத்தில் உள்ளன.

துணைக்கருவிகள் பின்வருமாறு வகைப்படுத்தப்படுகின்றன (classified) :

(அ) காட்டும் கருவிகள் (Indicating instruments)

(ஆ) பதிகருவிகள் (Recording instruments)

(இ) தொகுகருவிகள் (Integrating instruments)

காட்டும் கருவிகள் ஒரு முகப்புத் தகடு (dial) மற்றும் குறிமுள் (pointer) இவைகளைப் பயன்படுத்தி அளக்கப்படும் கணியத்தைக் காண்பிக்கின்றன. சாதாரணமாக மின்னோட்டமானிகள் (ammeters), மின்னழுத்தமானிகள் (voltmeters), மற்றும் திறனளவிகள் (wattmeters) இவ்வகையைச் சேர்ந்தவை.

பதிகருவிகள் அளக்கப்படும் கணியத்தைத் தொடர்ச்சியாகப் பதிவு செய்கின்றன. இக்கருவிகளுள் இயங்கமைப்புடன் (moving system) இணைக்கப்பட்ட ஓர் எழுதுகோல், சுழலும்

உருளையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள காகிதத்தில் அளவைப் பதிவு செய்கின்றது.

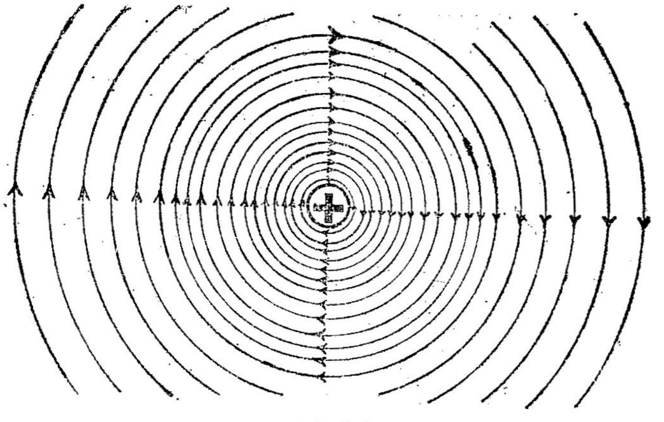
தொகுகருவிகள் ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் செலவிடப்படும் மின் ஆற்றலைக் கணக்கிடுகின்றன. அளவுகள் தொடர்ச்சியாகக் கூட்டப்பட்டுக்கொண்டே வரும். ஒரு சில முகப்புத் தகடுகள் (dials) மற்றும் குறிமுட்கள் (pointers) மூலம் அளவுகள் காண்பிக்கப்படும்.

1·2. வேலை செய்யும் தத்துவங்கள்

மின் அளவைக் கருவிகளைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்வதற்கு முன் அவை வேலை செய்யும் தத்துவங்களைத் தெரிந்து கொள்ளவேண்டும். பெரும்பான்மையான கருவிகள், ஒரு கம்பி (wire), சுருள் (coil) அல்லது உலோகம் இவற்றில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவைக் (magnetic effect) கொண்டோ அல்லது இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட காந்தப் புலன்களின் (magnetic fields) வலிமையைக் கொண்டோ வேலை செய்கின்றன. சில கருவிகள் மின்னோட்டத்தின் இரசாயன விளைவு மற்றும் வெப்ப விளைவு போன்றவைகளைக் கொண்டு வேலை செய்கின்றன. மின்னோட்டத்தின் இது போன்ற சில விளைவுகளைப் பின்வரும் பகுதிகளில் பார்ப்போம்.

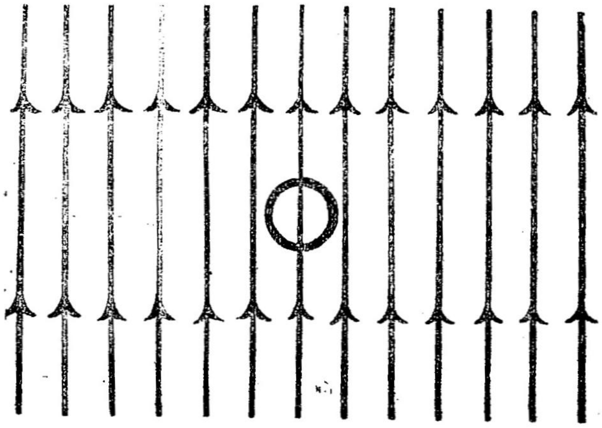
1·3. மின்னோட்டத்தின் காந்த விளைவு

ஒரு நேரான கடத்தியின் (conductor) மூலம் செல்லும் மின்னோட்டம் அந்தக் கடத்தியைச் சுற்றி ஒரு காந்தப் புலனை உண்டாக்குகிறது. கடத்தியிலிருந்து விலக விலக காந்தப் புலத்தின் செறிவு (intensity) குறைகிறது. இது படம் 1·1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



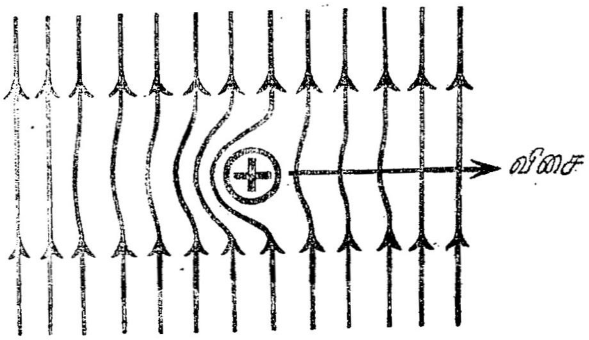
படம் 1·1
ஒரு கடத்தியில் மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் காந்தப் புலன்

படம் 1·2 (அ)வில் காட்டப்பட்டுள்ள காந்தப் புலனில் மின்னோட்டம் செல்லும் ஒரு கடத்தி வைக்கப்பட்டால் படம் 1·2 (ஆ)வில் காட்டப்பட்டுள்ளதைப்போல் ஆகும். இரண்டு புலன்களினாலும்



படம் 1·2 (அ)

சீரான காந்தப் புலனில் மின்னோட்டம் இல்லாத ஒரு கடத்தி

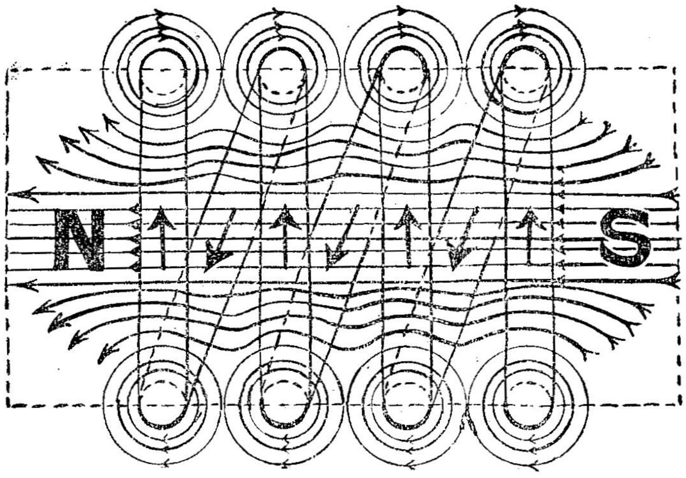


படம் 1·2 (ஆ)

மின்னோட்டமுள்ள கடத்தி காந்தப் புலனில் வைக்கப்பட்டபொழுது தொகுபயன் புலன்

ஏற்படும் காந்தக்கோடுகள் (magnetic lines) ஒரே திசையில் இருந்தால் ஒன்றைவிட்டு ஒன்று விலகுகின்றன. எதிர்திசைகளில் இருந்தால் ஒன்றை நோக்கி ஒன்று இழுக்கப்படுகின்றன. இதனால்

கடத்தி ஒரு விசைக்கு (force) உள்ளாகிறது. அந்தக் கடத்தி நிலையாகப் பொருத்தப்படாமல் இருந்தால் விசையின் திசையில் நகரும். படம் 1·2 (அ)–வில் காட்டப்பட்டுள்ள காந்தக்கோடுகள் சாதாரணமாக நிலை காந்தத்தால் (permanent magnet) உண்டாகின்றன. இதையே ஒரு கடத்தியைச் சுருளாகச் செய்து அதன் மூலம் மின்னோட்டம் செலுத்தி உண்டாக்கலாம். காந்தப் புலன்



படம் 1·3

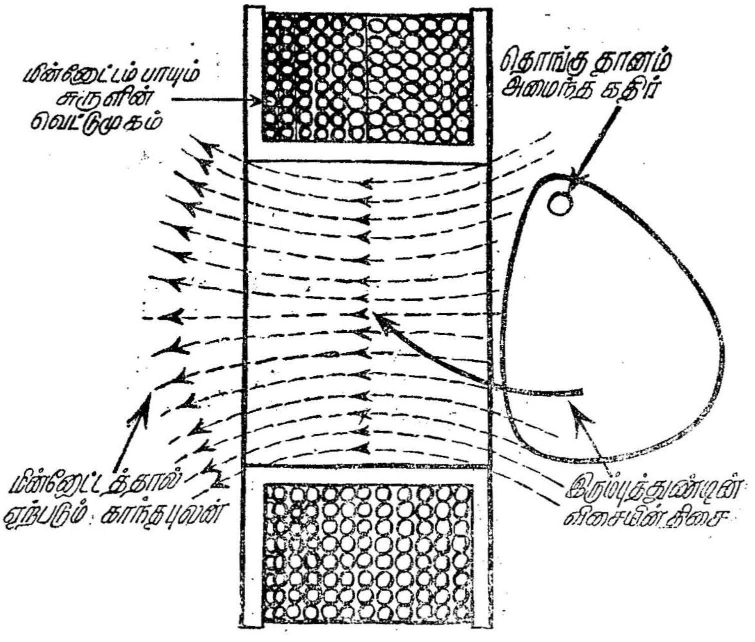
ஒரு சுருளில் உள்ள மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் காந்தப் புலன்

சமமான சட்ட காந்தம் புள்ளியிட்ட கோட்டினால் காட்டப்பட்டிருக்கிறது

படம் 1·3-ல் காட்டியபடி அமையும். ஆகவே மின்னோட்டம் செல்லும் ஒரு சுருள், நிலை காந்தத்தைப்போல் செயல்படுகிறது.

மின்னோட்டம் செல்லும் சுருளினால் ஏற்படும் காந்தப் புலன் அதனுள் வைக்கப்பட்ட சிறு மெல்லிரும்புத் (soft iron) துண்டை இழுக்கிறது. இந்தத் தன்மையும் சில மின்கருவிகளில் உபயோகப் படுத்தப்படுகின்றன. படம் 1·4-ல் ஒரு சுருளின் வெட்டிய தோற்றமும், அதில் மின்னோட்டம் செல்லும்பொழுது உண்டாகிற காந்தப் புலனும் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதனுள் ஒரு மெல்லிரும்புத் துண்டை வைத்தால் அது ஒரு நிலை காந்தத்தின் முனைகளால் இழுக்கப்படுவது போலவே இழுபடும். ஆகவே படம் 1·4-ல் காட்டியுள்ளபடி ஒரு சிறு இரும்புத் துண்டைச் சுருளுக்கு அருகில்

தாங்கிகளுக்கு (bearings) இடையே உள்ள ஒரு கதிரில் (spindle) பொருத்தினால் சுருளில் மின்னோட்டம் செல்லும்பொழுது இரும்புத் துண்டு உள்நோக்கி இழுபடும். ஒரு குறிமுள் (pointer) கதிருடன் இணைக்கப்பட்டிருந்தால் அதுவும் திரும்பும். இரும்புத் துண்டு மின்னோட்டத்தின் அளவைப் பொறுத்து இழுபடுவதால், குறி முள்ளின் திருப்பம் மின்னோட்டத்தின் அளவைப் பொறுத்து இருக்கும்.



படம் 1·4

சுழற்சித் தானம் அமைந்த மெல்லிரும்புத் துண்டில் மின்னோட்டச் சுருளால் ஏற்படும் விசை

சுருளில் மின்னோட்டம் எந்தத் திக்கில் இருந்தாலும் இரும்புத் துண்டு உள்நோக்கியே இழுக்கப்படுகிறது. ஆகவே சுருளில் செல்லும் மின்னோட்டம் மாறு மின்னோட்டமானாலும் (alternating current) இரும்புத் துண்டு உள்நோக்கியே இழுக்கப் படுகிறது. ஆகவே இந்தத் தத்துவத்தில் (principle) வேலை செய்யும் கருவிகள் நேர் மின்சாரம் மற்றும் மாறு மின்சாரம் இரண்டிற்கும் பயன்படும்.

1·4. காந்தப் புலனில் மின்னோட்டத்தைப் புரட்டுவதால் (reversing) ஏற்படும் விளைவுகள்

முன் பகுதியில் விளக்கிய இயங்கிரும்புக் கருவியை மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படுத்துவது பற்றி வேறொரு வகையிலும் விளக்கலாம். மெல்லிரும்பில் ஏற்படுத்தப்படும் காந்த விளைவு சுருளின் புலவலிமையைப் பொறுத்தும் இருக்கும். சுருளின் புல வலிமை H, சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் I-க்கு விகித சமத்தில் இருக்கும். இப்புலன் இரும்பின் இயங்கக்கூடிய பகுதியில் பல ஒருமை (unit) காந்த முனைகளை ஏற்படுத்துகிறது. இம்முனைகளின் எண்ணிக்கை M என்று வைத்துக்கொள்வோம்.

$$\therefore \quad M \propto H$$

$$\therefore \quad M \propto I$$

இவ்வாறு அமைந்த காந்த முனைகள் ஒரு காந்தப் புலனை ஏற்படுத்தி முதலில் இருந்த காந்தப் புலனுடன் எதிர்வினை (react) செய்து கவர்ச்சி விசை (force of attraction) F-ஐ ஏற்படுத்துகிறது.

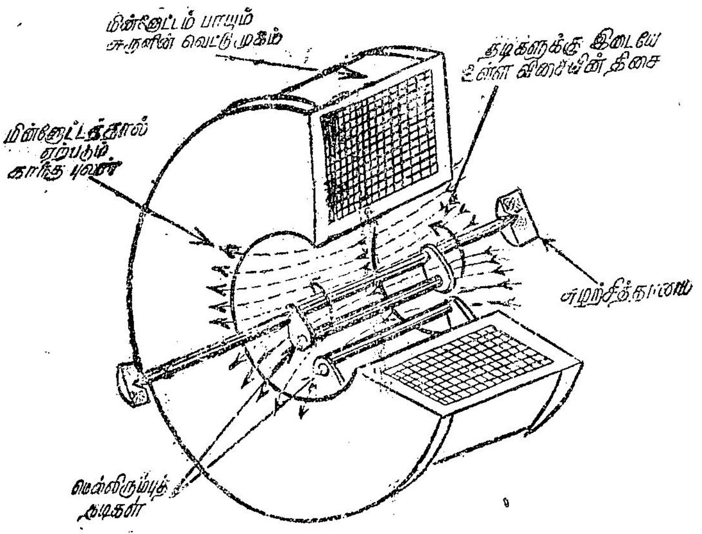
$$\text{ஆகவே } F \propto M \times H$$

$$\propto I \times I$$

$$\propto I^2$$

இதிலிருந்து I எதிர் (negative) ஆக, அதாவது திசைமாறி இருந்தாலும் F நேர் (positive) ஆகவே இருக்கும் என்று தெரிகிறது. ஆகவே, மின்னோட்டம் எத்திசையிலிருந்தாலும், விசை நேர் ஆகவே இருக்கிறது ; அதாவது விசை எப்பொழுதும் ஒரே திசையிலேயே செயல்படுகிறது. மின்னோட்டம் நேர் மற்றும் எதிர் ஆக ஒரு நொடியில் பல முறை மாறினாலும், அதாவது மாறுமின்சாரமாக இருந்தாலும், கவர்ச்சி விசை ஒரே திசையிலும் மின்னோட்டத்தின் வர்க்கத்திற்கு விகிதசமத்திலும் இருக்கும். பொதுவாக ' ஒரு கருவியில் செயல்படுத்தும் விசை, அதில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் வர்க்கத்தைப் பொறுத்து இருந்தால் அக்கருவியை நேர் மின்சாரம், மாறு மின்சாரம் இரண்டிலும் பயன் படுத்தலாம் ' என்று கூறலாம்.

இரு மெல்லிரும்புச் சட்டங்கள் இணையாகப் படம் 1·3-ல் காட்டப் பட்டுள்ள சுருளின் உள்ளே வைக்கப்பட்டால் அவை காந்தப் படுத்தப்படும். சட்டத்தின் நீளவாட்டத்தில் அருகருகில் உள்ள புள்ளிகள் ஒரே முனைமை (polarity) உடையவையாக இருக்கும். ஆகவே இவ்விரு சட்டங்களில் ஒன்றையொன்று எதிர்த்துத்



படம் 1·5

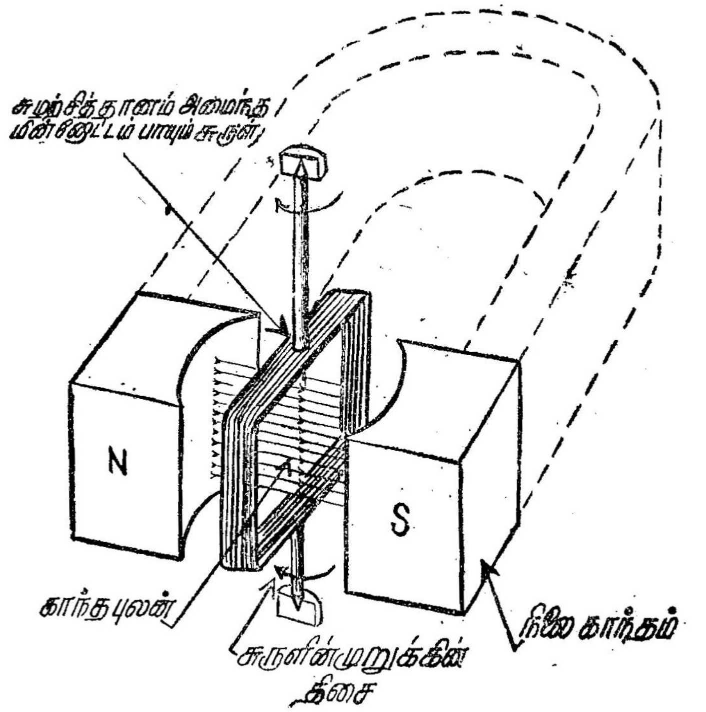
இரு மெல்லிரும்புத் துண்டுகளுக்கு இடையே சுருளில் உள்ள மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் எதிர்த்துத் தள்ளும் விசை

தள்ளுமாறு ஒரு விசை ஏற்படும். படம் 1·5-ல் காட்டியுள்ளபடி ஒரு சட்டம் நிலையாகவும் மற்றொன்று சுழற்சித் தானம் அமைந்ததாகவும் பொருத்தப்பட்டால், இரண்டாவது கூறிய சட்டம் இயங்கும். இதுவே எதிர்த்துத் தள்ளும் வகை (repulsion type) இயங்கிரும்புக் (moving-iron) கருவியின் தத்துவமாகும். இத்தத்துவப்படி மின்னோட்டம் எத்திசையிம் இருந்தாலும் இரு சட்டங்களுக்கிடையே எதிர்ப்பு விசையே உண்டாகும். ஆகவே இவ்வகைக் கருவிகளும் மாறு மற்றும் நேர் மின்சாரங்களிலும் பயன்படக் கூடியவை.

1·5. மின்னோட்டச் சுருளுக்கும் நிலை காந்தத்திற்கும் இடையே ஏற்படும் விசை

ஒரு நிலைக்காந்தத்தைப் படம் 1·3-ல் காட்டியுள்ள சுருளுக்கு அருகில் கொண்டு செல்வதாக வைத்துக் கொள்வோம். சுருள் ஒரு மின் காந்தத்தை ஏற்படுத்தும். அருகிலுள்ள காந்த முனைகளின் (magnetic poles) முனைமை வெவ்வேறாக இருந்தால் ஒரு கவர்ச்சி விசை ஏற்படும். முனைமை ஒன்றாக இருந்தால் ஓர் எதிர்ப்பு விசை ஏற்படும். ஆகவே, முன் கூறிய கருவி வகைகளில் மெல்லிரும்புத் துண்டுகள் காந்தப்படுத்தப்பட்டிருந்தால் (magnetised) அவைகள்

செயல்படும் விதங்கள் மாறியிருக்கும். இரும்புத்துண்டு காந்தப் படுத்தப்பட்டிருக்கும்பொழுது, மின்னோட்டம் ஒரு திசையில் பாய்ந்தால் குறிமுள் ஒரு திசையில்தான் விலகும் (deflect). மின்னோட்டம் வேறு திசையில் பாய்ந்தால் மின் காந்தத்தின் முனைமை மாறுவதால் குறிமுள் மறு திசையில் விலகும். ஆகவே இக் கருவிகள் மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படுத்தப்பட்டால் சுருளினால் ஏற்படும் மின்காந்தத்தின் முனைமை அலைவெண்ணின் (frequency) விதத்தில் மாறும். இதனால் இயங்கமைப்பு பூச்சிய

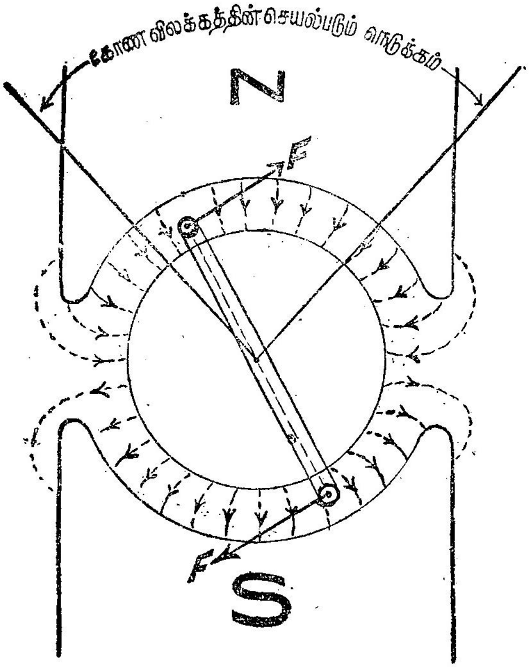


படம் 1·6

ஒரு காந்தப் புலனில் சுழற்சித் தானம் அமைந்த சுருளில் உள்ள மின்னோட்டத்தால் ஏற்படும் முறுக்கின் திசை

நிலைக்கு (zero position) முன்னும் பின்னும் அலைய நேரிடும். ஆனால் இயங்கமைப்பின் மடிமை (inertia) இவ்வாறு அலைய வொட்டாது தடுத்துப் பூச்சிய நிலையிலேயே இருக்கச் செய்யும். ஆகவே இவை மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படா.

மேற்கூறிய அமைப்பில் படம் 1·6-ல் காட்டியுள்ளபடி சுருளை ஒரு கதிரில் சுழற்சித்தானம் அமைத்து U வடிவ நிலை காந்தத்தை நிலையாக அமைத்தால் அதுவே இயங்கு-சுருள் கருவிகளின் தத்துவமாகும். இக் கருவிகளில், காந்த முனைகளுக்கும் மெல்லிரும்பு உருளைக்கும் (cylinder) இடையிலுள்ள வட்டவடிவ இடைவெளியில், செறிவுள்ள (intense) சீரான புலன் ஏற்படுமாறு நிலை

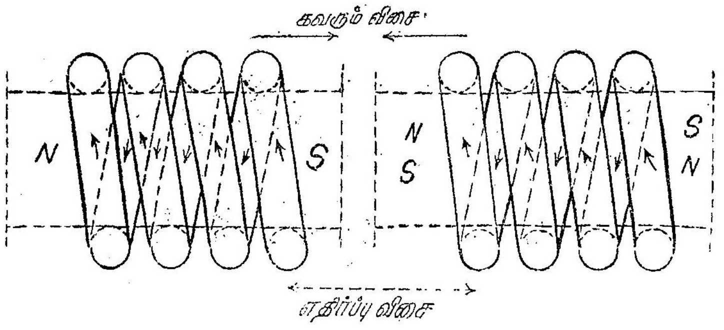


படம் 1·7

மின்னோட்டம் மற்றும் காந்தப் புலனின் குறிப்பிட்ட திசைகளினால் சுருளில் ஏற்படும் சுழற்றுமையின் திசை

காந்த வடிவம் அமைக்கப்படும். படம் 1·7-ல் காட்டியுள்ளபடி சுருளின் நீளப்பக்கங்கள் இடைவெளியில் செறிவுள்ள புலனில் அமையுமாறு சுழற்சித் தானம் அமைக்கப்படும். சுருளின் இரு பக்கங்களிலும் பாயும் மின்னோட்டம் ஒரு சுழற்றுமையை (torque) படத்தில் காட்டியபடி, ஏற்படுத்திக் குறிமுள்ளை விலகச் செய்யும்.

1·6. மின்னோட்டம் பாயும் இரு சுருள்களின் காந்த விளைவு



படம் 1·8

இரு சுருளில் உள்ள மின்னோட்டங்களினால் ஏற்படும் சமமான சட்ட காந்தங்கள்

படம் 1·8-ல் காட்டியுள்ளபடி இரு சுருள்களில் மின்னோட்டம் பாய்ந்தால் அவை இரண்டும் சமமான காந்த முனைகள் உடையவை யாகக் கருதலாம். இச் சுருள்களுக்கு இடையே ஒரு விசை ஏற்படும். படத்தில் காட்டிய திசைகளுக்கு இது கவர்ச்சி விசையாக இருக்கும். படத்தில் புள்ளியிட்டுக் காட்டியபடி ஒரு சுருளில் மட்டும் மின் னோட்டம் மாறியிருந்தால் காந்தத்தின் முனைமையும் மாறி ஏற்படும் விசை எதிர்ப்பு விசையாகிவிடும்.

படத்தில் காட்டியுள்ள இரு சுருள்களில் ஒன்றில் I_1 மற்றொன்றில் I_2 என்ற மின்னோட்டங்கள் பாய்ந்தால் கவர்ச்சி விசை

$$F \propto I_1 \times I_2$$

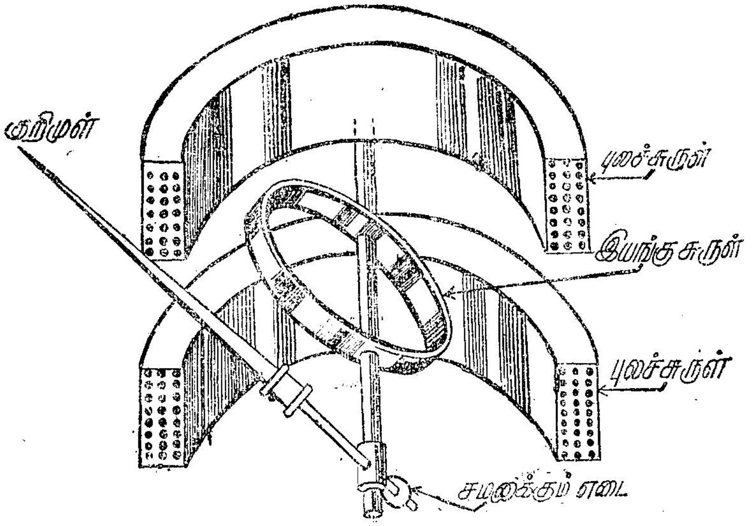
இரு சுருள்களிலும் ஒரே மின்னோட்டம் $I\ (=I_1=I_2)$ பாய்ந்தால், $F \propto I^2$

ஆகவே இவ்வகைக் கருவிகளில் இரு சுருள்களிலும் ஒரே மின்னோட்டம் பாய்ந்தால் அவை நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரங் களிலும் பயன்படக் கூடும். இவ்வகைக் கருவிகள் இயங்களவி (dynamometer) வகை எனப்படும். இதன் அமைப்புப் படம் 1·9-ல் காண்க. நிலைச் சுருள் இரு பகுதிகளாகச் சுற்றப்பட்டிருக்கின்றது. இவை ஒரு சீரான புலன் ஏற்படுத்துமாறு அமைக்கப்பட்டிருக் கின்றன. இரு பகுதிகளும் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

1·7. மின்னோட்டத்தின் சூடாக்கும் விளைவு

கடத்தியில் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது வெப்பம் உண்டா கிறது. இவ்வெப்பம் கடத்தியில் மின்னோட்டம் பாய்வதற்கு ஏற்

படும் தடையினுல் ஏற்படுகிறது. ஆகவே உற்பத்தியான வெப்பத்தின் அளவு, கம்பியின் மின் தடையையும், பாயும் மின்ளுேட்டத்தின் எண் மதிப்பையும் பொறுத்து இருக்கும். சூடாக்குவதில் செலவாகிய மின் திறன் (power), கம்பியின் (wire) மின்தடை மற்றும் மின்ளுேட்டத்தின் வர்க்கத்தின் பெருக்கத்திற்குச் சமமாகும் $(P = I^3 R)$.



படம் 1·9

இரு மின்ளுேட்டச் சுருள்களின் காந்த விளைவைப் பயன்படுத்தும் இயங்களவி கருவி

கம்பியில் மின்ளுேட்டம் பாயும்பொழுது கம்பி சூடாவதால் விரிவடைகிறது. இவ் விரிவைக் கொண்டு அக்கம்பியில் பாயும் மின்ளுேட்டத்தைக் கணக்கிடலாம். விரிவு, சூடாக்கும் விளைவுக்கும் அதனுல் மின்ளுேட்டத்தின் வர்க்கத்திற்கும் விகித சமத்தில் இருக்கும். இக்கருவிகள் பல பிரதிகூலங்கள் (disadvantages) உடையவையாக இருந்தாலும் நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரத்திலும் பயன்படுத்தலாம் என்பது ஒரு குறிப்பிடத்தக்க அனுகூலமாகும்.

1·8. மின்ளுேட்டத்தின் இரசாயன விளைவுகள்

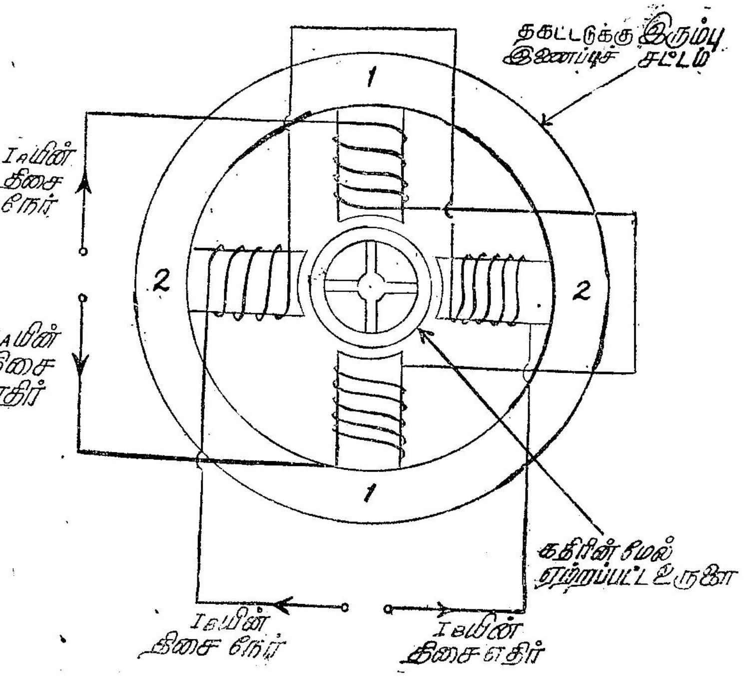
மின்பகு பொருளில் (electrolyte) மின்ளுேட்டம் பாயும் பொழுது இரசாயனக் கிரியை (chemical action) ஏற்பட்டு ஒரு வாயு வெளிப்படுத்தப்படுகிறது அல்லது மின் வாய்களில் (electrodes) ஓர் உலோகம் படிகிறது. பிரிந்த வாயு அல்லது உலோகத்தின் அளவு

மின்னோட்டம் மற்றும் அது பாய்ந்த நேரத்தின் பெருக்கத்திற்கு அதாவது மின் கணியத்திற்கு (quantity of electricity) விகித சமத்தில் இருக்கும். இத்தத்துவம் ஆற்றலை அளக்கப் பயன்படும் ஒரு கருவியில் உபயோகப்படுத்தப் பட்டுள்ளது. இது நேர் மின் சாரத்தில் மட்டுமே பயன்படுத்தத் தகுந்தது.

1·9. மின் காந்தத் தூண்டல் (Induction) விளைவு

இவ்வகை விளைவுகள் மாறு மின்சாரத்தில் மட்டுமே ஏற்படக் கூடும். இதன் தத்துவம் சுழலும் காந்தப் புலன் (rotating magnetic field) தத்துவத்தை ஒத்து இருக்கிறது.

தாமிரம் அல்லது அலுமினியத்தாலான ஓர் உருளை ஒரு கதிரில் சுழலுமாறு நான்கு சுருள்களுக்கு மையத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளதைப் படம் 1·10-ல் காண்க. நான்கு சுருள்கள் ஏற்படுத்தும்



படம் 1·10

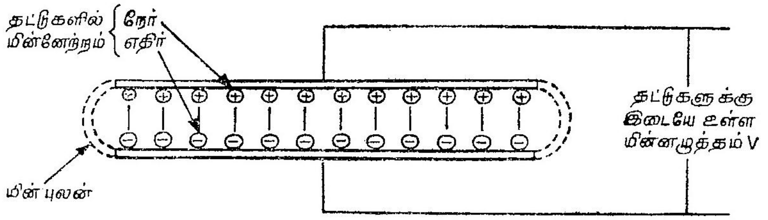
தூண்டல் வகைக் கருவியின் அடிப்படை மின் சுற்று

சுழலும் புலன் உருளையை ஊடுருவுவதால் மின் இயக்கு விசை தூண்டப்படுகிறது. இதனால் உருளையில் மின்னோட்டம் தூண்டப்

படும். இம்மின்னோட்டம் சுழலும் புலனைக் குறுக்கீட்டு உருளையில் சுழலும் விசையை ஏற்படுத்தும். உருளை ஒரு வில்லைக் (spring) கொண்டு கட்டுப்படுத்தப்பட்டுக் குறிமுள்ளும் பொருத்தப்பட்டு இருந்தால் அதுவே இவ்வகைக் கருவியின் ஒரு வடிவமாகும்.

1·10. மின்னழுத்தத்தின் நிலைமின் விளைவுகள்

மின்னோட்டத்தை அளக்க காந்த விளைவுகளைப் பயன் படுத்துவதுபோல் மின்னழுத்தத்தை அளக்க நிலைமின் (electro-static) விளைவுகளைப் பயன்படுத்தலாம். ஒன்றுக்கொன்று அருகில் வைக்கப்பட்டுக் காப்பானால் (insulator) பிரிக்கப்பட்ட இரு தட்டுகள் இடையே கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் இடைவெளியில் ஒரு மின் புலனை ஏற்படுத்தும். படம் 1·11 காண்க. மின்னேற்றம் (charge)



படம் 1·11

மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குட்பட்ட இரு தட்டுகளின் மின்னேற்றத்தால் ஏற்படும் காந்தப் புலன்

ஒரு தட்டில் நேராகவும் மற்றொன்றில் எதிராகவும் இருக்கின்றது. ஆகவே இவ்விரு மின்னேற்றங்களுக்கிடையே ஒரு கவர்ச்சிவிசை ஏற்படுகிறது. ஒரு தட்டு மட்டும் நகருமாறு அமைத்தால் கவர்ச்சி விசை வில் தராசு கொண்டு அளக்கப்படலாம். இவ்வகைக் கருவிகள் மின்னழுத்தத்தை அளக்க மட்டுமே பயன் படக்கூடியது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

எடுத்துக்காட்டு 1·1

1 வெபர்/சதுரமீட்டர் சீரான காந்தப் புலனுக்குச் செங்குத்தாக உள்ள ஒரு 100 செ. மீ. நீளக் கடத்தியில் 100 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. கடத்தியில் ஏற்படும் விசையைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

கடத்தியில் விசை = $B\,I\,l$ நியூட்டன்கள்

இதில்,

B = பாய அடர்த்தி = 1 வெபர்/சதுர மீட்டர்

I = மின்னோட்டம் = 100 ஆம்பியர்

l = கடத்தி நீளம் = 1 மீட்டர்

ஆகவே கடத்தியில் விசை = $1 \times 100 \times 1$ நியூட்டன்கள்

= 100 நியூட்டன்கள்

எடுத்துக்காட்டு 1·2

10 செ.மீ. நீளம், 4 செ.மீ. அகலம் உடைய ஓர் உருளையில் 1 மி.மீ. கனத்திற்கு நிக்கல் (nickel) படிய 50 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது எவ்வளவு நேரமாகும். நிக்கலின் மின் பொருள் இயைபு எண் (electrochemical equivalent) 0·000308 கி / கூலம் ;

ஒப்படர்த்தி $= 8{\cdot}9$

உருளையின் பரப்பு $= \pi \times 4 \times 10$

$= 125{\cdot}6$ செ.மீ^{2}

பதியவேண்டிய நிக்கலின் கன அளவு $= 125{\cdot}6 \times 0{\cdot}1$ க.செ.மீ.

$= 12{\cdot}56$ க.செ.மீ.

நிக்கலின் எடை $= 12{\cdot}56 \times 8{\cdot}9$ கிராம்

$= 111{\cdot}8$ கிராம்

∴ தேவையான கூலம்கள் $= \dfrac{111{\cdot}8}{{\cdot}000308}$

$= 363000$ கூலம்கள் (coulombs)

50 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது

தேவையான நேரம் $= \dfrac{363000}{50}$

$= 7260$ நொடிகள்

எடுத்துக்காட்டு 1·3

ஒரு காலரிமானியினுள் (calorimeter) 12°C உள்ள 146 கிராம் நீரில் ஒரு கம்பிச்சுருள் அமிழ்த்தப்பட்டு இருக்கிறது. காலரிமானியின் சமநீர் எடை (water equivalent) 5 கிராம். நிலையான மின்னோட்டம் அதன் மூலம் பாயும்பொழுது குறிக்கப்பட்ட அளவுகள் :

மின்னோட்டம் $= 2{\cdot}15$ ஆம்பியர்

மின்னழுத்தம் $= 5{\cdot}00$ வோல்ட்

மின்னோட்டம் பாய்ந்த நேரம் $= 300$ நொடிகள்

வெப்ப இழப்பு எதுவும் இல்லை என்று வைத்துக்கொண்டு வெப்பம் மற்றும் மின் ஆற்றல்களுக்கு இடையேயுள்ள தொடர்பைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

சூடாக்கப்பட்ட நீரின் எடை $= 146 + 5$ கி.

$= 151$ கி.

330 நொடிகளில் கொடுக்கப்பட்ட வெப்பம் $= 151 \times (17{\cdot}5 - 12)$

$= 830{\cdot}5$ காலரி

செலவழிந்த திறன் $= 5 \times 2 \cdot 15$

$= 10 \cdot 75$ வாட்டுகள்

330 நொடிகளில் செலவழிந்த ஆற்றல் $= 10 \cdot 75 \times 330$

$= 3547 \cdot 5$ வாட்-நொடி

ஆகவே, 830·5 காலரி $= 3547 \cdot 5$ வாட்-நொடி

1 காலரி $= \dfrac{3547 \cdot 5}{830 \cdot 5}$

$= 4 \cdot 272$ வாட்-நொடிகள்

1·11. காட்டும் கருவிகள்

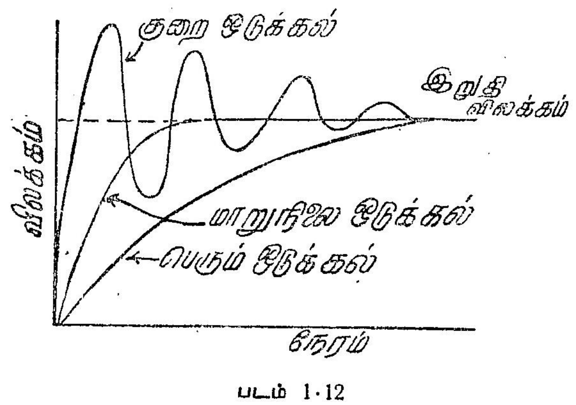
பெரும்பாலான காட்டும் கருவிகளில் மூன்று வகையான விசைகள் (forces) செயல்படுகின்றன.

(அ) விலக்கும்விசை (Deflecting force)

(ஆ) கட்டுப்படுத்தும் விசை (Controlling force)

(இ) ஒடுக்கல் விசை (Damping force)

இக்கருவிகள் கொடுவாயில் (supply) இணைக்கப்படாமல் இருக்கும்பொழுது அவற்றின் இயங்கமைப்புகள் (moving system) உள்ள நிலைக்கு பூச்சிய நிலை (zero position) எனப்படும். மேலே குறிப்பிட்டுள்ள விலக்கும் விசை உண்டாக்கப்படும் தத்துவங்கள்



படம் 1·12

ஒடுக்கல் விளைவுகள்

முன்பே விளக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விசை இக்கருவிகளின் இயங் கமைப்பை பூச்சிய நிலையிலிருந்து இயக்குகிறது. இந்த இயக்கம்

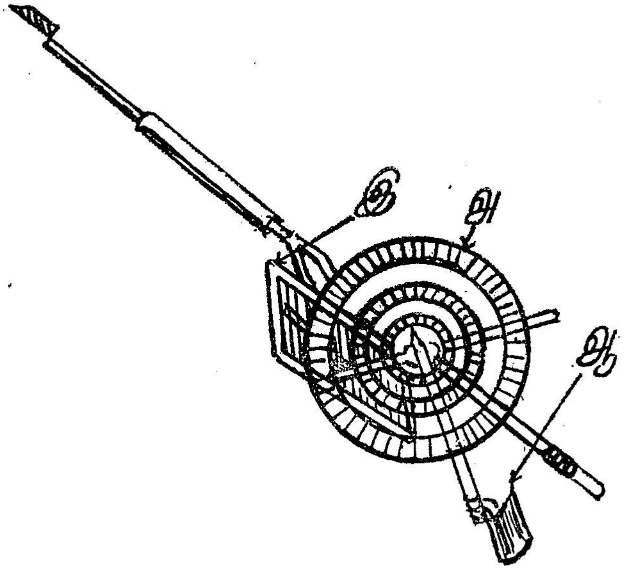
பெரும்பாலும் வரையறுத்ததாக (indefinite) இருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட அளக்கப்பட வேண்டிய கணியத்திற்குரிய (quantity) விலக்கத்தின் எண் மதிப்பு (magnitude) எப்பொழுதும் ஒரே மாதிரியாக இருப்பதற்காக, கட்டுப்படுத்தும் விசை தேவைப்படுகிறது. ஒரு கருவியில் இவ்விரண்டு விசைகள் மட்டும் இருந்தால், கருவியின் இயங்கமைப்பு இறுதி நிலையை (final position) ஒட்டி அலையும் (oscillate). ஆகவே இறுதி நிலையை அடையத் தாமதமாகும். இத் தாமதத்தைக் குறைக்க ஒடுக்கல் விசை பயன்படுகிறது. ஒடுக்கல் விசையும் சேர்ந்து வேலை செய்யும்பொழுது ஏற்படக்கூடிய விலக்கத்தின் வரைபடம் 1·12-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒடுக்கல் விசை குறைவாக இருந்தால் அக் கருவி குறை ஒடுக்கல் (under damped) உடையதாகக் கருதப்படும். குறை ஒடுக்கல் கருவிகளில் படத்தில் காட்டியுள்ளபடி அலைப்பு (oscillation) இருக்கும். ஒடுக்கல் விசை அதிகமாக இருந்தால் பெரும் ஒடுக்கல் (over damped) எனப்படும். பெரும் ஒடுக்கல் கருவிகளில் இயங்கமைப்பு அலையாவிட்டாலும் இறுதி நிலையைத் தாமதமாக அடைகிறது. கருவிகளின் இயங்கமைப்பு அலைப்பு இல்லாமலும், துரிதமாகவும் இறுதி நிலையை அடைய இவ்விரண்டுக்கும் இடையே உள்ள ஒடுக்கல் விசை பயன்படுத்தப்படும். அது மாறுநிலை ஒடுக்கல் (critically damped) எனப்படும். இந்த ஒடுக்கல் விசை, கருவியின் இறுதி நிலையைப் பாதிக்கக் கூடாது. இவ்விசை இயங்கமைப்பு இயங்கும்பொழுது மட்டுமே செயல்பட வேண்டும். இது கவனத்தில் கொள்ள வேண்டியது.

காட்டும் கருவிகளின் இயங்கமைப்பு பூச்சிய நிலையிலிருந்து விலகிக்கொண்டே சென்று ஓர் இறுதி நிலையை அடையும். அந் நிலையில் விலக்கும் சுழற்றுமை (deflecting torque) கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமைக்குச் சமமாக இருக்கும். மேலும் அவையிரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று நேர் எதிராக இருப்பதால் ஒன்றையொன்று நீக்கி (cancel) இயங்கமைப்பு இறுதி நிலையில் இருக்கச் செய்கின்றன. அளக்கப்பட வேண்டிய ஒரு குறிப்பிட்ட கணியம் (quantity) ஏற்படுத்தும் விலக்கும் சுழற்றுமை மாறுகது. ஆகவே கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை அதன் எண் மதிப்பில் கூடிச்சென்று விலக்கும் சுழற்றுமைக்குச் சமமாக ஆக வேண்டும்.

1·12. கட்டுப்படுத்தும் விசை

காட்டும் கருவிகளில் கட்டுப்படுத்தும் விசை வில் (spring) அல்லது ஈர்ப்பு (gravity) மூலம் உண்டாக்கப்படும்.

வில் கட்டுப்படுத்தல் : இயங்கமைப்பைக் கட்டுப்படுத்துவதற்காக ஒரு முடி வில் (hair spring) அத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 1·13

வில் கட்டுப்படுத்தும் கருவியின் இயங்கமைப்பு

இம் முடி வில் பாஸ்பர வெண்கலத்தால் (phosphor bronze) ஆனது. முடி வில் ஏற்பாடு படம் 1·13-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்தில்,

அ — கட்டுப்படுத்தும் வில்

ஆ — இயங்கும் இரும்பு

இ — ஒடுக்கல் இதழ் (damping vane)

மேலே குறிப்பிடப்பட்டுள்ளதைப் போன்ற ஒரு வில் 'L' செ.மீ நீளம், 'b' செ.மீ அகலம், 't' செ.மீ கனம் உடையது எனக்கொள்க. வில் செய்யப்பட்டுள்ள பொருளின் யங்கின் குணகம் (Young's modulus) 'E' என்று வைத்துக் கொள்வோம். θ என்பது இயங்கமைப்பின் விலக்கமானால்.

கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை $T_c = k\,\dfrac{E\,bt^3}{L}\,\theta$

இதில் k என்பது ஒரு மாறிலி

ஆகவே $T_c \propto \theta$

$\propto$ கருவியின் விலக்கம்.

வில் செய்யக்கூடிய நல்ல பொருளின் குணதிசயங்கள்,

(அ) அவைகள் காந்தத் தன்மையற்றவையாக இருக்க வேண்டும்.

(ஆ) உபயோகத்திற்குப் பிறகு தொய்வு ஏற்படாதவையாக இருக்கவேண்டும்.

(இ) மின்தடை (resistance) குறைவாக இருக்கவேண்டும்.

(ஈ) மின்தடை வெப்பநிலை எண் (temperature coefficient of resistance) குறைவாக இருக்கவேண்டும்.

பெரும்பாலான கருவிகளில் உள்ளது போல் 'வில்' இயங்கமைப் பிற்கு மின்னேட்டம் செலுத்தும் இணைப்பாக இருந்தால்தான் மேற்கண்ட 'இ' 'ஈ' இரண்டும் கவனிக்கப்பட வேண்டும்.

வில்களில் தொய்வு ஏற்படாமல் இருக்க அவைகள் செய்யும் பொழுதே தகுந்த கவனம் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். வெப்பநிலை (temperature) மாறுதலால் வில் நீளத்தில் மாறுதல் ஏற்படுகிறது. இதனல் ஏற்படும் பிழைகளைத் தவிர்க்க எதிராகச் சுற்றப்பட்ட இரு வில்கள் பொருத்தப்படும். விலக்கம் ஏற்படும்பொழுது, ஒரு வில் நீள மறு வில் இறுகுகிறது (compresses).

ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தல்

ஈர்ப்பைப் (அதாவது புவி ஈர்ப்பை) பயன் படுத்திக் கட்டுப் படுத்தப்படும் கருவிகளில் இயங்கமைப்புடன் ஒரு சிறு எடை இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இயங்கமைப்பு விலகும்பொழுது அதைத் தொடக்க நிலைக்கே திருப்ப முயற்சிக்கும் ஒரு சுழற்றுமையை உண்டாக்கும் வகையில் இந்த எடை அமைக்கப்பட்டிருக்கும். படம் 1·14 காண்க.

கட்டுப்படுத்தும் எடையின் எடை $= W$ என்க.

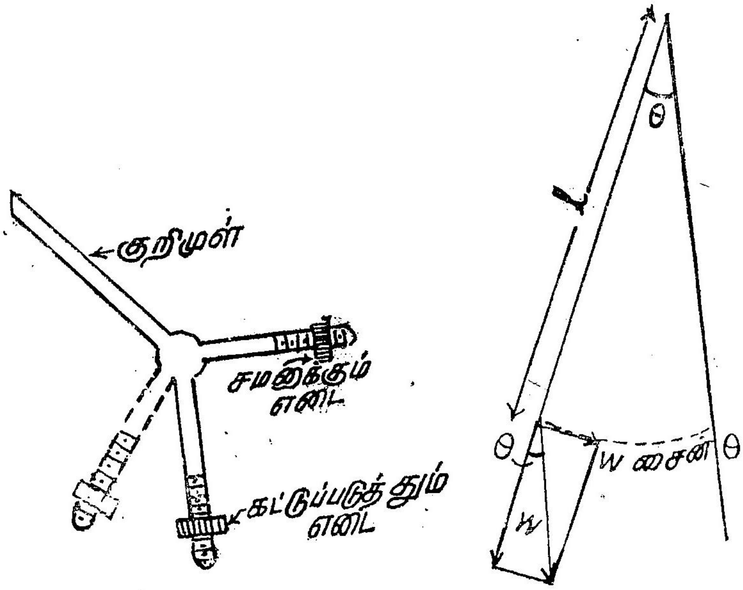
இயங்கமைப்பின் விலக்கம் $= \theta$

இயங்கமைப்பிலிருந்து எடையின் நீளம் $= l$

கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை $T_c = W\, l$ சைன் θ

இதைப் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள விசை முக்கோணத்திலும் காண்க. ஆகவே கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை விலக்கக் கோணத் தின் (deflecting angle) நெடுக்கைக்கு (sine) விகிதச் சமத்தில் இருக்கிறது. இச்சுழற்றுமை வில் கட்டுப்படுத்தலில் விலக்கக் கோணத்தின் விகிதச் சமமாக இருக்கிறது என்பதை நினைவு கொள்க. ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தல் உள்ள கருவிகளில், சுழற்றுமை எடையின்

நிலையை மாற்றுவதன் மூலம் மாற்றப்படக்கூடும், இக்கருவிகள் எப்பொழுதும் நிலைக்குத்தாகவும் (vertical) சமமட்டமாகவும் (level) பயன்படுத்தப் பட வேண்டும். ஆகவே இவ்வகைக் கட்டுப்படுத்தல்



படம் 1·14

ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தல்

பொதுவாக, காட்டும் கருவிகளில், குறிப்பாக இடம் மாற்றத்தக்க (portable) கருவிகளில் பயன்படுத்தப் படுவதில்லை. ஆயினும் ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தல் மிக மலிவானது. வெப்ப நிலையால் பாதிக்கப் படாதது. நாட்பட்டாலும் கெடாது.

1·13. வில் மற்றும் ஈர்ப்புக் கருவிகளின் அளவுத்திட்டம் (Scale)

ஒரு கருவியில் விலக்கும் சுழற்றுமை T_D அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னோட்டத்தின் (I) விகிதச் சமத்தில் இருப்பதாக வைத்துக் கொள்க.

$$\text{அப்பொழுது} \quad T_D = KI$$

இதில் K என்பது விகிதச்சமத்தின் நிலை எண் (constant of proportionality)

வில் கட்டுப்படுத்தும் கருவியானால்,

கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை $T_c = K_s\theta$

இவற்றில், K_s — நிலை எண்

θ — விலக்கக் கோணம்

இயங்கமைப்பில் இறுதி நிலையில் $T_c = T_d$

$$\therefore \quad K_s\theta = KI$$

$$\therefore \quad \theta = \frac{K}{K_s} I$$

ஆகவே விலக்கம். பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு விகித சமத்தில் இருக்கும்.

ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தும் கருவியானால்,

$T_c = K_g$ சைன் θ

$T_c = T_D$

அதாவது K_g சைன் $\theta = KI$

சைன் $\theta = \frac{K}{K_g} I$

$\theta =$ சைன்$^{-1}\left(\frac{K}{K_g} \cdot I\right)$

ஆகவே விலக்கம் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்காது.

எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு கருவியில் மின்னோட்டம் I ஆக இருக்கும்பொழுது அதன் விலக்கம் 45° எனக்கொள்வோம். மின்னோட்டம் 0·5 I ஆகும் பொழுது விலக்கம் என்ன என்று பார்ப்போம்.

வில் கட்டுப்படுத்தலானால்,

விலக்கம் $= 45° \times 0{\cdot}5 = 22{\cdot}5°$

ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தலானால்,

சைன் $45° = \frac{K}{K_g} I$

$= 0{\cdot}707$

$$\therefore \quad \frac{K}{K_g} = \frac{0{\cdot}707}{I}$$

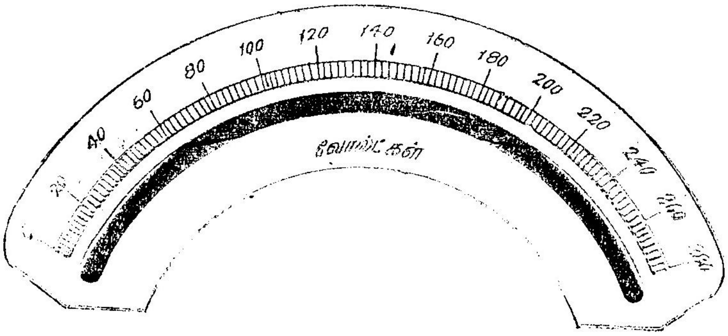
மின்னோட்டம் 0·5 I ஆகும்பொழுது,

$\theta =$ சைன்$^{-1}\left(\frac{0{\cdot}707}{I} \times 0{\cdot}5\, I\right)$

$=$ சைன்$^{-1}$ ·3535

$= 20{\cdot}7°$

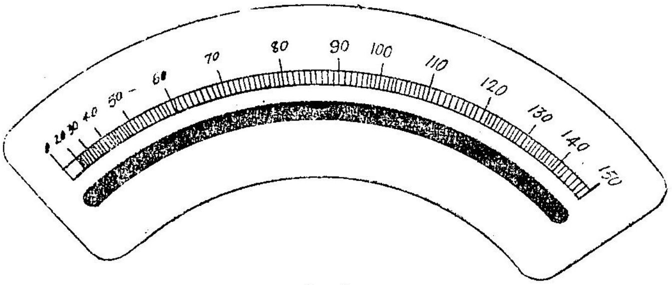
இதிலிருந்து ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தும் கருவிகளில் குறைந்த மின்னோட்டங்களில் ஏற்படும் விலக்கம் வில் கட்டுப்படுத்தும் கருவிகளில் ஏற்படும் விலக்கத்தைவிட மிகக் குறைவாக இருப்பது தெரிகிறது. ஆகவே இக்கருவிகளில் தொடக்கத்தில் அளவுக் கோடுகள் மிக நெருக்கமாக இருக்கும். ஆனால் வில் கட்டுப்படுத்தும் கருவிகளில் அளவுக் கோடுகள் ஒரே சீராக இருக்கும். படம் 1·15 காண்க.



(அ)

படம் 1·15

வில் கட்டுப்படுத்தல் அளவுத்திட்டம்



(ஆ)

படம் 1·15

ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தல் அளவுத்திட்டம்

விலக்கும் சுழற்றுமை மின்னோட்டத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் இல்லாமல் இருந்தால் ஏற்படும் விலகலைப் பின் வரும் காட்டு விளக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 1·4

ஒரு மின்னோட்டமானியின் சுழற்றுமை அதனுள் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் வர்க்கத்தை ஒட்டி மாறுகிறது. 10 ஆம்பியர்

மின்னோட்டம் 90° விலகலை ஏற்படுத்தினால் கருவி (*i*) வில் கட்டுப் படுத்தல் (*ii*) ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தல் உடையதாக இருக்கும் பொழுது, 4 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் ஏற்படுத்தும் விலகல் எவ்வளவு ?

விலக்கும் சுழற்றுமை $T_d \propto$ (மின்னோட்டம் $I)^2$ (*i*) வில் கட்டுப் படுத்தலில்,

கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை $T_c \propto \theta$

$$T_c = T_D$$

$$\therefore \quad \theta \propto I^2$$

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{I_1^2}{I_2^2}$$

$$\frac{90^\circ}{\theta_2} = \frac{10^2}{4^2}$$

$$\therefore \quad \theta_2 = \frac{4^2}{10^2} \times 90^\circ$$

$$= 14.4^\circ$$

(*ii*) ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தலானால்,

$$T_c \propto \text{சைன் } \theta$$

$$\therefore \quad \text{சைன் } \theta \propto I^2$$

$$\frac{\text{சைன் } \theta_1}{\text{சைன் } \theta_2} = \frac{I_1^2}{I_2^2}$$

$$\text{சைன் } \theta_2 = \text{சைன் } \theta_1 \frac{I_2^2}{I_1^2}$$

$$= \text{சைன் } 90^\circ \times \frac{4^2}{10^2}$$

$$= 0{\cdot}16$$

$$\theta_2 = \text{சைன்}^{-1}\ 0{\cdot}16$$

$$= 9{\cdot}2^\circ$$

எடுத்துக்காட்டு 1·5

ஓர் இயங்கு சுருள் மின்னழுத்தமானி 100 சுற்றுகளும் (turns) 9·6 ஓம்கள் மின்தடையும் உடையதாக இருக்கிறது. சுருளின் நீளம் 3 செ.மீ. அகலம் 2 செ.மீ. 50 மில்லி வோல்ட் மின்னழுத்தம் முழு விலக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இடைவெளியில் பாய அடர்த்தி 0·15 வெ/ச.மீ. கட்டுப்படுத்தும் வில்லுக்குத் தேவை யான சுழற்றுமை என்ன ?

முழு விலக்கத்திற்குத் தேவையான மின்னோட்டம்,

$$I=\frac{V}{R}=\frac{50\times10^{-3}}{9.6}$$

$$=5.2082\times10^{-3}$$ ஆம்பியர்

உண்டாகிய விலக்கும் விசை $=B\,l\,I$ நியூ

$=.15\times3\times10^{-2}\times5.2082No^{-3}$ நியூ

$=0.2344\times10^{-2}$ நியூ

$\therefore$ விலக்கும் சுழற்றுமை $=0.2344\times10^{-2}\times2\times10^{-2}$ நியூ-மீ.

$=0.4688\times10^{-4}$ நியூ-மீ.

1·14. ஒடுக்கல் (Damping)

ஒடுக்கல் விசை கீழ்க்கண்ட மூன்று முறைகளில் உண்டாக்கப் படுகின்றது.

(அ) காற்றுராய்வு ஒடுக்கல் (air friction damping)

(ஆ) சுழல் ஓட்ட ஒடுக்கல் (eddy current damping)

அல்லது

மின் காந்த ஒடுக்கல் (electromagnetic damping)

(இ) பாய்ம உராய்வு ஒடுக்கல் (fluid friction damping)

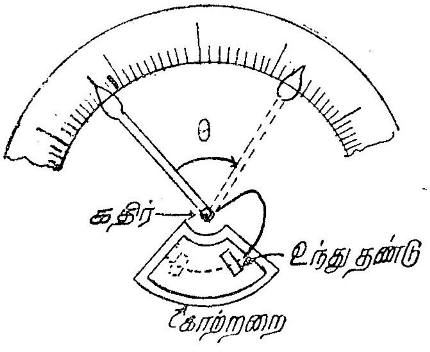
(அ) காற்றுராய்வு ஒடுக்கல்

இவ்வகை ஒடுக்கலில் இரு வகையுண்டு.

(i) உந்து தண்டு வகை (piston type)

(ii) பெட்டி வகை (box type)

உந்து தண்டு வகையில் இயங்கமைப்பின் கதிருடன் ஓர் அலுமினிய உந்து தண்டு (piston) இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த

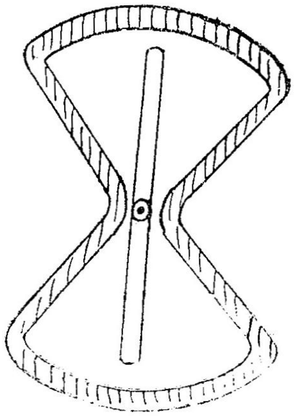


படம் 1·16

உந்து தண்டு வகை

உந்து தண்டு ஒரு பக்கம் மூடப்பட்ட வட்ட வடிவ அல்லது நீண்ட சதுர வடிவ வெட்டு முகம் (section) உடைய வளைவான காற்றறை

யினுள் (air chamber) இயங்கும். குறிமுள் விலகும்பொழுது உந்து தண்டு காற்றறைக்குள் படம் 1·16-ல் காட்டிய மாதிரி இயங்குகிறது. உந்து தண்டிற்கும் காற்றறை சுவர்களுக்கும் உள்ள இடைவெளி மிக மிகக் குறைவாக இருப்பதால் பின்புறம் உள்ள காற்று இறுக்கப்படுகிறது (compressed). ஆகவே உந்துதண்டின் இருபுறமும் உள்ள அழுத்தத்தில் (pressure) வேறுபாடு உள்ளதால் காற்று அதன் விளிம்புகள் (edges) வழியே வெளியேறி ஒடுக்கல் ஏற்படுத்துகிறது.



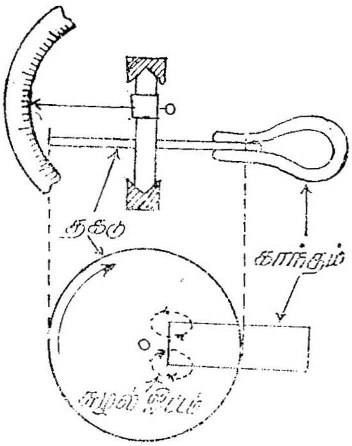
படம் 1·17

பெட்டி வகை

பெட்டி வகையில் ஓர் ஒடுக்கல் ஏற்படுத்தும் இதழ் காற் பெட்டி அறையில் படம் 1·17-ல் காட்டியுள்ளபடி பொருத்தியிருக்கும். இதழ் இயங்கமைப்புடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதழ் நகரும்பொழுது அழுத்தத்தில் வேறுபாடு ஏற்பட்டு ஒடுக்கல் ஏற்படுகிறது.

(ஆ) சுழல் ஓட்ட ஒடுக்கல்

கடத்தக் கூடிய காந்தப்படுத்த முடியாத பொருள், காந்தப் புலனில் நகரும்பொழுது ஒரு மின் இயக்கு விசை தூண்டப்பட்டு மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. இம் மின்னோட்டம் சுழல் ஓட்டம் (eddy current) எனப்படும். இந்தச் சுழல் ஓட்டம் துணக்கும் புலனுக்கும் இடையே ஒரு விசை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த விசை தன்னை ஏற்படுத்தும் காரணமாகிய பொருளின் அசைவை எதிர்க்கிறது. அப்பொருள் கருவியின் இயங்கமைப்புடன் இணைக்கப்பட்டிருக்குமாயின் தேவையான ஒடுக்கல் ஏற்படுத்துகிறது.



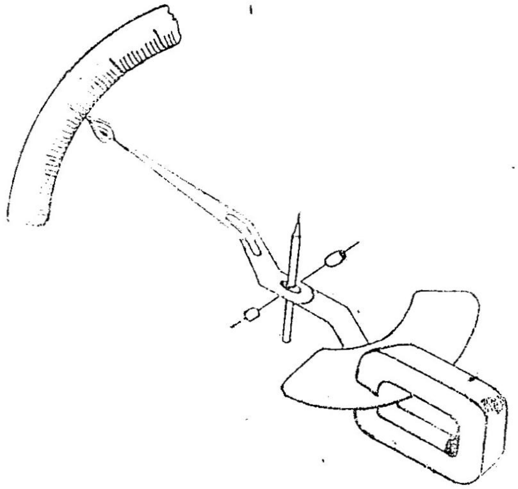
படம் 1·18

சுழல் ஓட்ட ஒடுக்கல்

சுழல் ஓட்ட ஒடுக்கல் இரு முறைகளில் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. ஒன்றில் ஒரு மெல்லிய வட்டவடிவமான அலுமினியத் தகடு குறிமுள் (pointer) பொருத்தப்பட்டிருக்கும் கதிரை மையத்தில் கொண்டிருக்கும். சிலவற்றில் அலுமினியத் தகட்டுக்குப் பதிலாகத் தாமிரத் தகடு பயன்படுத்தப்படும். படம் 1·18-ல் காட்டியுள்ளபடி நிலைகாந்தக்

திற்கு இடையே விளிம்பு நகருமாறு தகடு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். நிலைகாந்தத்தின் புலனில் தகடு சுழல்வதால் சுழல் ஓட்டம் ஏற்பட்டு ஒடுக்கல் உண்டாகும்.

மற்றொரு சுழல் ஓட்ட ஒடுக்கல் படம் 1·19-ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. ஒரு வட்டக்கோணப் பகுதி (sector) வடிவமுள்ள தகடு நிலைகாந்தத்தின் இடைவெளியில் (air gap) நகருகிறது. இது அத்தகட்டில் சுழல் ஓட்டத்தை ஏற்படுத்தி ஒடுக்கல் உண்டாக்குகிறது. கீழ்க்கண்ட குறிகளை உபயோகிக்க.

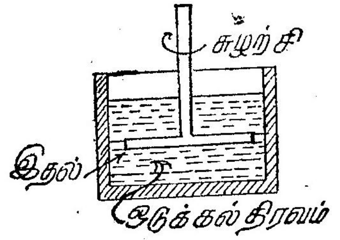


படம் 1·19
காந்த ஒடுக்கல்

நிலைகாந்தத்தின் பாய அடர்த்தி (flux density)	— B வெபர்கள்/சதுர மீ (webers)
தகட்டின் சராசரி ஆரம்	— r மீ
காந்த முனையின் நீளம்	— l மீ
தகட்டின் வேகம்	— v மீ/நொடி
தகட்டில் தூண்டப்படும் மின் இயக்கு விசை	— $B\,l\,v$ வோல்ட்
தகட்டின் மின் தடை	— R ஓம்கள் (ohms)
தகட்டில் மின்னோட்டம்	$= \dfrac{B\,l\,v}{R}$ ஆம்பியர்
ஒடுக்கல் விசை	$= B\,I\,l$ நியூட்டன்
ஒடுக்கல் சுழற்றுமை	$= B\,I\,l\,r$ நியூ-மீ
	$= B\,\dfrac{B\,l\,v}{R}\,l\,r$ நியூ-மீ
	$= \dfrac{B^2\,l^2\,v\,r}{R}$ நியூ-மீ

(இ) பாய்ம உராய்வு ஒடுக்கல்

இவ்வகை அமைப்பில் சுழலும் கதிருடன் படம் 1·20 ல் காட்டியுள்ளபடி இணைக்கப்பட்டுள்ள அலுமினியத் தகடு ஒடுக்கல் திரவத்தில் (damping oil) மூழ்கி இருக்கும். தகடு நிலையாக இருக்கும்பொழுது ஒடுக்கல் ஏற்படுவதில்லை. தகடு சுழலும்பொழுது திரவம் தடை செய்ய முயன்று ஒடுக்கல் விசை உண்டாக்குகிறது.



படம் 1·20

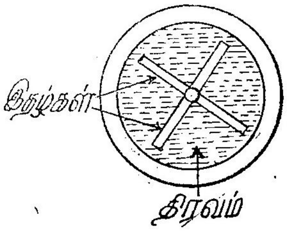
ஒடுக்கல் உண்டாக்க வேண்டிய திரவம் கீழ்க்கண்ட குணாதிசயங்கள் உடையதாக இருக்க வேண்டும்.

1. தகட்டை அரிக்கக் கூடியதாக (corrosive) இருக்கக் கூடாது.

2. ஆவியாகாததாக இருக்க வேண்டும்.

3. வெப்பநிலை மாறும்பொழுது அதன் பாகுநிலை (viscosity) மாறக் கூடாது.

4. அது ஒரு நல்ல காப்பான் (insulator) ஆக இருக்க வேண்டும்.



படம் 1·21

• ஒரு கருவியில் அதிகப்படியான ஒடுக்கல் விசை தேவைப்பட்டால் படம் 1·21-ல் காட்டியுள்ளபடி X வடிவத்தில் இரு இதழ்கள் பயன்படுத்தப்படும்.

1·15. காட்டும் கருவிகளின் அமைப்பு இயங்கமைப்பை இணைக்கும் முறைகள்

காட்டும் கருவிகளின் இயங்கமைப்பைக் கருவியுடன் இணைக்க இரு முறைகள் பின்பற்றப்படுகின்றன. அவையாவன ;

1. சுழற்சித்தானத்துடன் (pivot) இணைத்தல்

2. தொங்கவிடல் (suspension)

சுழலமைப்பு சுழற்சித்தானம் மூலம் இணைக்கப்படும்பொழுது கதிரின் முனைகள் கடினமான எஃகினால் செய்யப்பட்டதாகவும், கூம்பு வடிவமுடையதாகவும் இருக்க வேண்டும். இம்முனைகள்

நிலையான பகுதியில் உள்ள கூம்பு வடிவ துவாரங்களில் பொருந்துகின்றன. சுழற்சித்தானங்களில் உராய்வைக் குறைக்க, தொடுகைப் பரப்பு (contact area) மிகக் குறைவாக இருக்கவேண்டும். ஆயினும் முனை மிகக் கூராகச் செய்யப்பட்டிருந்தால் உடைய ஏதுவாகும்.

இயங்கமைப்பின் எடை உண்டாகும் விசைகளை விட அதிகமாக இருக்கும்பொழுது தொங்கவிடல் சிறந்ததாகிறது; ஏனெனில் தாங்கி உராய்வு (bearing friction) குறைகிறது. தொங்கவிடல் பயன்படுத்தப்பட்டால் கருவி அதிர்வு (vibration), அதிர்ச்சி (shock) இவைகளிலிருந்து பாதுகாக்கப்பட வேண்டும். பொதுவாக, தொங்கவிடுவதற்கு பாஸ்வர வெண்கலத் (phosphor bronze) தகடு பயன்படுத்தப்படும்.

நிலைகாந்தங்கள்

நிலைகாந்தங்கள் பயன்படுத்தப்படும் கருவிகளில் அவைகளுடைய புல வலிமை (field strength) மாருமல் இருக்கவேண்டும். அக்காந்தங்கள், சிறிதளவு டங்ஸ்டன் (tungsten) அல்லது கோபால்ட் (cobalt) மற்றும் குரோமியம் சேர்ந்த கடினமான எஃகினுல் செய்யப்படும். கோபால்ட்-குரோமியம் எஃகு கலவைக்கு காந்தநீக்கு விசை (coercive force) அதிகம். ஆகவே அவை தாணுகவே காந்த நீக்கம் அடையா. செய்யும்பொழுது நிலைகாந்தங்கள் ஒரு வலிமையற்ற காந்தப் புலனில் வைத்தோ அல்லது சூடேற்றியோ செய்யப்படுகின்றன. இது அவற்றின் வலிமையைக் குறைத்தாலும் காந்தத் தன்மையை நிலைக்கச் செய்கிறது.

குறிமுட்களும் அளவுக்குறிகளும்

குறிமுட்களின் அளவும் வடிவங்களும் கருவிகளின் வகைகளைப் பொறுத்திருக்கின்றன. ஆனுல் எல்லாக் குறிமுட்களின் எடையும் மடிமையும் (inertia) குறைக்கப்பட வேண்டும். இதன்மூலம் தாங்கிகளின் பளு குறைக்கப்படுகிறது. தேவையான ஒடுக்கல் விசையும் குறைகிறது. சில கருவிகளில் எடையைக் குறைப்பதற்காக, குறிமுள் அலுமினியத் தகட்டினுலோ, குழாயினுலோ செய்யப்பட்டிருக்கும். திட்பம் (precision) தேவையுள்ள கருவிகளில் அளவுக்குறிகள் உள்ள தட்டில் ஒரு சிறு கண்ணுடி பொருத்தப்பட்டிருக்கும். குறிமுள்ளின் முனை மேலிருந்து கீழ் வாட்டத்தில் பட்டையாக்கப்பட்டிருக்கும். ஆகவே மேலிருந்து பார்க்கும்பொழுது முள் ஒரு சிறு கோடாகத் தெரியும். இடமாறு தோற்றப்பிழையைத் (parallax error) தவிர்க்கக் குறிமுள்ளும் கண்ணுடியில் அதன் பிம்பமும் ஒரே கோட்டில் இருக்குமாறு பார்க்கவேண்டும்.

கருவிகளில் பொதுவாக முழு அளவு விலக்கத்தின் (full scale deflection) போது இயங்கமைப்பு 90° சுழலும். சில கருவிகள் 120°

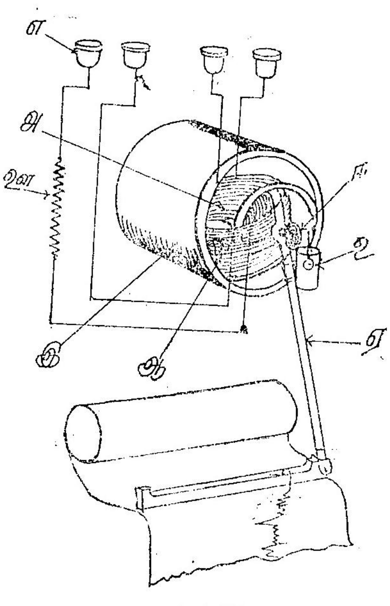
அல்லது அதற்கு மேலும் சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். அளவுக்குறிகள் ஒரு வளையாத அட்டையில் குறிக்கப்பட்டு உலோகத்தட்டில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அதன் நீளம் சுமார் 15 செ.மீ. இருக்கும்.

பெட்டி (Case)

கருவிகளின் பெட்டி கடினமான மரம் அல்லது தாமிரம் அல்லது வார்ப்பிரும்பு அல்லது அழுத்தப்பட்ட எஃகு இவைகளால் செய்யப்பட்டிருக்கும். செயல்படும் பாகங்கள் எஃகினால் செய்யப்பட்ட அடிப்பாகத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். வெளிக் காந்தப் புலன்களால் பாதிக்கக்கூடிய கருவிகள் பெரும்பாலும் முழுவதும் எஃகினால் செய்யப்பட்டிருக்கும். எஃகு காந்தத் தடுப்பாகப் பயன்படுகிறது. ஆனால் எஃகு பயன்படுத்தப்படும்பொழுது சுழல் ஓட்ட மற்றும் தயக்கப் (hysteresis) பிழை ஏற்பட ஏதுவாகிறது. ஆகவே இயங்கமைப்பு எஃகு மூடிகளிடமிருந்து இயன்றவரை தொலைவில் அமைக்கப்பட வேண்டும்.

1·16. பதிகருவிகள்

இக்கருவிகள் அளக்கப்படவேண்டிய கணியங்களை (quantities) தொடர்ந்தார்போல் பதிவு செய்கின்றன. இவ்விதக் கருவிகளில் குறி முள்ளிற்குப் பதிலாக ஓர் எழுதுகோல் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த எழுதுகோல் ஒரு காகிதத்தைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும். அக்காகிதம் எழுதுகோலின் விலக்கம் ஏற்படும் திசைக்குச் செங்குத்தான திசையில் மெதுவான ஒரே சீரான வேகத்தில் நகருமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். எழுதுகோல் வரையும் படம் அளக்கப்பட வேண்டிய கணியத்தின் மதிப்பை தொடர்ச்சியாகப் பதிவு செய்யும். படம் 1·22 காண்க.



படம் 1·22
பதிவு செய்யும் அமைப்பு

இக் கருவிகளின் இயங்கமைப்பின் எடை கூடுவதாலும் எழுதுகோலுக்கும் காகிதத்திற்கும் இடையே ஏற்

படும் உராய்வினாலும், பதிகருவிகளின் திட்ட அமைப்பு (design) காட்டும் கருவிகளிலிருந்து வேறுபடும். உராய்வினால் அதிகப் பிழை ஏற்படாமலிருக்க விலகும் சுழற்றுமை கூட்டப்பட வேண்டும். ஆகவே கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை கூட்டப்பட வேண்டும். இயங்கமைப்பின் மடிமை (inertia) அதிகரிப்பதால் அதிக ஒடுக்கல் தேவைப்படும். அதிகரித்த பளுவைத் தாங்குவதற்காகத் தாங்கிகளின் அளவையும் பெரியதாக்க வேண்டியிருக்கும்.

1·17. தொகுகருவிகள்

இக்கருவிகள் மொத்த மின் கணியத்தையோ (quantity of electricity) அல்லது மொத்த மின் ஆற்றலையோ (energy) அளந்து பதிவு செய்கின்றன. மின் கணியம் ஆம்பியர்-மணிகள் (ampere-hours) என்ற அலகுகளிலும் மின் ஆற்றல் கிலோவாட்-மணிகள் (kilowatt hours) என்ற அலகுகளிலும் குறிக்கப்படும். இக்கருவிகளில் ஏற்படும் பதிவுகள் அளக்கப்படும் ஆற்றலின் கணியத்தின் வீதத்திற்குச் (rate) சார்பற்றதாக (independent) இருக்கும்.

மின் கணியத்தை அளக்கும் கருவிகள் ஆம்பியர்-மணி மானிகள் (ampere-hour meters) எனப்படும். இம்மானிகள் நேர் மின்சார மின்சுற்றுகளில் (circuit) மட்டுமே பயன்படுத்தப்படும். மின் அழுத்தம் (voltage) நிலையாக இருப்பதால் பயன்படுத்தப்பட்ட வாட்மணிகள் அளக்கப்பட்ட ஆம்பியர்-மணிகள் மற்றும் மின் அழுத்தம் இவற்றின் பெருக்கத்திற்கும் சமமாகும். இக்கருவிகள் ஆம்பியர்-மணிகளை அளந்து வாட்மணிகளைக் கணக்கிட்டுத் தொகுக்கும். ஆகவே இக்கருவிகள் சரியான அளவுகளைத் தொகுப்பதற்கு அளவிடு செய்யப்படும்பொழுது பயன்படுத்தப்பட்ட மின் அழுத்தத்திலேயே வேலை செய்ய வேண்டும். மேலும் கருவி இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மின்சுற்றின் மின்னழுத்தம் நிலையானதாக இருக்க வேண்டும். இக் கருவிகள் மிக எளிதானவை, மலிவானவை, இவை மேலும் குறைந்த அளவு திறனையே உபயோகிப்பவை.

மின் ஆற்றலை அளக்கும் கருவிகள் வாட்-மணி மானிகள் (watt-hour meters) எனப்படும். இவை வாட்-மணிகளை அளக்கின்றன. இக்கருவிகளில் ஏற்படும் சுழற்றுமை மின்சுற்றின் மின்னோட்டத்தையும் மின்னழுத்தத்தையும் பொறுத்து இருக்கும். ஆகவே, ஆம்பியர் மணி மானிகளைப் போலல்லாது இவைகளை மாறுகிற மின்னழுத்தமுள்ள மின்சுற்றிலும் பயன்படுத்தப்படலாம்.

தொகுகருவிகள் அளவுகளைப் பதிவு செய்வதற்குச் படம் 1·23-ல் காட்டியுள்ளபடி ஒரு பல்லிணைத் தொகுதியையும் (gear wheel train) முகப்புத் தகடையும் (dial) பயன் படுத்துகின்றன. மின்பகு வகை

2. மின்னோட்டமானிகளும் மின்னழுத்தமானிகளும்
(Ammeters and Voltmeters)

2·1. அறிமுகம்

மின்னோட்டமானிகளும் மின்னழுத்தமானிகளும் ஒரே தத்துவத்தில் வேலைசெய்கின்றன. மின்னோட்டமானிகளில் அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னோட்டம் அல்லது அதன் ஒரு பகுதியால் விலக்கும் சுழற்றுமை (deflecting torque) உண்டாக்கப்படுகிறது. நிலைமின் கருவிகள் தவிர மற்ற மின்னழுத்தமானிகளிலும், மின்னழுத்தத் திறனல் உண்டாக்கப்படுகிற, அதற்கு விகிதச் சமத்திலுள்ள ஒரு மின்னோட்டத்தால் விலக்கும் சுழற்றுமை உண்டாக்கப்படுகிறது.

மின்னோட்டமானி எப்பொழுதும் மின்சுற்றுகளில் (circuits) தொடர்ச்சியாக (in series) இணைக்கப்படுகிறது. மின்னோட்டமானி மிகக்குறைந்த மின்தடை உடையதாக இருப்பதால் அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னோட்டம் அதிக அளவில் பாதிக்கப்படாது. இதே போல் மின்னழுத்தமானி எப்பொழுதும் சுற்றுகளுக்கு இணையாக (parallel) இணைக்கப்படுகிறது. ஆகவே மின்னழுத்தமானியில் செல்லும் மின்னோட்டம் மிகக் குறைந்த அளவு இருப்பதற்காக மின்னழுத்தமானிகள் மிக அதிக மின்தடை உள்ளவையாக இருக்கும். ஒரு குறைந்த நெடுக்கம் (range) உடைய மின்னோட்ட மானி, பெரும் மின்தடை ஒன்றைத் தொடர்ச்சியாக இணைப்பதன் மூலம் மின்னழுத்தமானியாகப் பயன்படுத்தலாம். மின்னழுத்தமானி யாகப் பயன்படுத்தப்படும் பொழுது அதனுள் பாயும் மின்னோட்டம், அது மின்னோட்டமானியாகப் பயன்படும்பொழுது தாங்கக்கூடிய மின்னோட்டத்திற்கு மேல் போகக்கூடாது என்பது கவனத்தில் கொள்ள வேண்டிய குறிப்பாகும்.

2·2. திறனிழப்பு (Power loss)

மின்னோட்டமானியின் மின்தடை R_1 என்றும் அதனுள் பாயும் மின்னோட்டம் I என்றும் வைத்துக் கொண்டால் அதில் ஏற்படும் திறனிழப்பு I^2R_1. ஆகவே மின்னோட்டமானிகளால் ஏற்படும் திறனிழப்புக் குறைவாக இருக்க அதன் மின்தடை குறைவாக இருக்க வேண்டும். மின்னழுத்தமானியின் மின்தடை R_2 என்றும் அது அளக்கும் மின்னழுத்தம் V என்றும் வைத்துக் கொண்டால் அதில் ஏற்படும் திறனிழப்பு $\frac{V^2}{R_2}$ ஆகும். ஆகவே மின்னழுத்தமானிகளில் ஏற்படும் திறனிழப்புக் குறைவாக இருக்க அவற்றின் மின்தடை மிக அதிகமாக இருக்கவேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு 2·1

ஒரு 50 மில்லி ஆம்பியர் மில்லி மின்னோட்டமானி 7·5 ஓம்கள் மின்தடை உடையதாக இருக்கிறது. இதை 150 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தை அளக்கத்தக்க மின்னழுத்தமானியாக்கச் சேர்க்கப்பட வேண்டிய மின்தடை என்ன?

தேவையான மின்தடை 'R' எனக் கொள்க.

150 வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படும்பொழுது முழு அளவு விலக்கம் ஏற்படத் தேவையான மின்னோட்டம்

$$= 50 \text{ மி.ஆ.}$$

$$= 0{\cdot}05 \text{ ஆ.}$$

$$\text{ஆகவே, } \frac{150}{R+7{\cdot}5} = 0{\cdot}05 \text{ ஆ.}$$

$$R+7{\cdot}5 = \frac{150}{0{\cdot}05}$$

$$= 3000$$

$$R = 3000-7{\cdot}5$$

$$= 2992{\cdot}5 \text{ ஓம்கள்.}$$

2·3. மின்னோட்ட மற்றும் மின்னழுத்தமானிகள் வகைகள்

மின்னோட்டமானி மற்றும் மின்னழுத்தமானிகளில் கீழ்க்கண்ட வகைகள் உபயோகத்தில் உள்ளன.

(அ) இயங்கிரும்பு வகை (Moving iron type)

(ஆ) இயங்கும் சுருள் வகை (Moving coil type)

(i) நிலைகாந்த வகை (Permanent magnet type)

(ii) இயங்களவி வகை (Dynamometer type)

(இ) சுடு கம்பி வகை (Hot wire type)

(ஈ) நிலைமின் வகை (Electro static type)

(உ) தூண்டல் வகை (Induction type)

இவற்றுள் நிலைமின் வகை, மின்னழுத்தமானிகளுக்கு மட்டுமே உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றது. மற்றவை மின்னோட்டமானிகள், மின்னழுத்தமானிகள் இரண்டிற்குமே பயன்படுகின்றன. சுருள் நிலைகாந்தவகை நேர்மின்சாரத்திற்கு மட்டும் தூண்டல்வகை மாறு மின்சாரத்திற்கு மட்டும் பயன்படுகின்றன. மற்றவகை இருவகை மின்சாரத்திற்கும் பயன்படுத்தக்கூடும்.

இயங்கிரும்பு மற்றும் இயங்கும் சுருள் வகைகள் மின்னோட்டத்தின் காந்தவிளைவுகளைப் பயன்படுத்துகின்றன. இயங்கிரும்புக் கருவிகள் மலிவானவை, அதிகமாக உபயோகத்தில் உள்ளவை, மற்றும் நேர்மின்சாரம், மாறுமின்சாரம் இரண்டிலும் உபயோகப் படுத்தக் கூடியவை. இயங்கும் சுருள்வகைக் கருவிகள் நேர்மின் சாரத்தில் மட்டுமே பயன்படுத்த மிகச்சரியானவை.

சுடு கம்பி வகைகள் மின்சாரத்தின் சூடாக்கும் தன்மையைப் பயன்படுத்துவதால் மின்னோட்டத்தின் பயன் மதிப்பை (Root Mean Square Value) காண்பிக்கக் கூடியவை. ஆகவே இவை குறிப்பாக மாறுமின்சாரத்திற்கு அதிகப் பொருத்தமுள்ளவை. இவை காட்டும் அளவுகள் மின்னோட்டத்தின் அலைவெண்ணை (frequency) சார்ந்திரா. மேலும் இவற்றை வெளிக்காந்தப் புலன்கள் பாதிக்கா.

நிலைமின் கருவிகள் மிகக்குறைந்த அளவு திறனையே உபயோகிக்கின்றன. மின்னழுத்தமானிகளாக மட்டுமே பயன்படுத்தக்கூடும் என்பதே இவற்றின் ஒரே குறை. தூண்டல் தத்துவம் பெரும்பாலும் மின்னோட்ட மற்றும் மின்னழுத்தமானிகளில் பயன்படுத்தப் படுவதில்லை. இதற்குக் காரணம் இவை விலை அதிகமானவை; மேலும் செம்மையில்லாதவை (inaccurate).

2·4. மின்னோட்ட மற்றும் மின்னழுத்த மானிகளில் ஏற்படும் பொதுப் பிழைகள் (Common errors)

இப் பிழைகளில் மிக முக்கியமானவை உராய்வு மற்றும் வெப்ப நிலைப் பிழைகளே (friction and temperature errors). உராய்வுப் பிழை இயங்கமைப்பு உள்ள கருவிகளில் மட்டுமே ஏற்படும். ஆகவே

இக்கருவிகளில் உராய்வுச் சுழற்றுமை (frictional torque) மற்றச் செயல்படும் சுழற்றுமைகளைவிட (operating torque) மிகக் குறைவாக இருக்குமாறு செய்யப்படவேண்டும். இதற்கு இயங்கமைப்பின் எடை குறைவாக இருத்தல் வேண்டும். கதிர் (spindle) கிடையாக (horizontal) இருப்பதைவிடச் செங்குத்தாக இருப்பது உராய்வுச் சுழற்றுமையைக் குறைக்கும்.

கருவியில் உண்டாகும் வெப்பமும், அறை வெப்பநிலையில் (Room temperature) ஏற்படும் மாறுதல்களும் செயல்படும் சுருளின் மின் தடையை மாற்றிப் பிழை ஏற்படுத்துகின்றன. இம் மின் தடை மாறுதல் மின்னோட்டத்தில் மாறுதலை ஏற்படுத்துகிறது. இம் மாறுதல் மின்னோட்ட மானியில் பாயும் மின்னோட்டத்துடன் ஒப்பிடுகையில் புறக்கணிக்கத் தக்கதாய் (negligible) உள்ளது. ஆனால் மின்னழுத்த மானிகளில் பாயக்கூடிய மின்னோட்டம் மிகவும் குறைவாக உள்ளதால் வெப்பநிலை மாறுதல் பெரும்பிழையை ஏற்படுத்த ஏதுவாகிறது. ஆகவே, இக்கருவிகளில் திறனிழப்பு மிகவும் குறைக்கப்பட வேண்டும். மின் தடைச் சுருள்கள் எளிதாகக் காற்றோட்டம் ஏற்படக்கூடிய பகுதியில் பொருத்தப்படவேண்டும். வெப்பநிலைப் பிழையை மேலும் குறைக்கச் செயல்படும் சுருள் தாமிரக் கம்பியினால் மிகக் குறைந்த மின் தடை உள்ளதாகச் செய்யப்பட்டிருக்கும். தேவையான மின் தடை இருக்க மிகக் குறைந்த மின் தடை வெப்பநிலை எண் (temperature coefficient of resistance) உடைய ஒரு பொருளினால் செய்யப்பட்ட ஒரு மின் தடை சுருளுடன் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனால் வெப்பநிலை மாறுதலால் சுருளின் மின்தடையில் அதிகமாற்றம் ஏற்பட்டாலும் மொத்த மின் தடையில் ஏற்படும் மாற்றம் புறக்கணிக்கத் தக்கதாய் இருக்கும்.

மேற்கூறிய இரு பிழைகளைத் தவிர மற்றப் பிழைகள் எல்லா வகைக் கருவிகளுக்கும் பொதுவாக இரா. ஆகவே, அவை அந்தந்தக் கருவிகளுக்குக் கீழே விளக்கப்படும்.

2·5. இயங்கிரும்புக் கருவிகள்

இவற்றில் இருவகை உண்டு. அவையாவன :

(அ) கவர்ச்சி வகை (Attraction type)

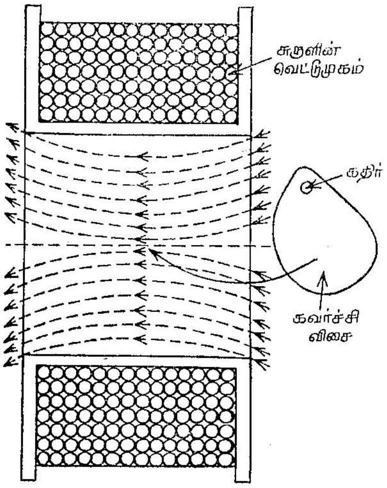
(ஆ) எதிர்த்துத் தள்ளும் வகை (Repulsion type)

இயங்கிரும்புக் கருவிகளில் அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தத்திற்கு விகிதச்சமத்தில் உள்ள மின்னோட்டம் ஒரு கம்பிச்

சுருள் வழியாகச் செலுத்தப்படுகிறது. இக்கருவிகளின் இயக்கத்திற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு ஆம்பியர்-சுற்றுகள் (ampere turns) தேவைப்படுகின்றன. இவை குறைந்த சுற்றுகள் (turns) மற்றும் அதிக மின்னோட்டம் மூலமாகவோ அல்லது அதிகச் சுற்றுகள், குறைந்த மின்னோட்டம் மூலமாகவோ பெறக்கூடும்.

2·6. கவர்ச்சி வகை இயங்கிரும்புக் கருவிகள்

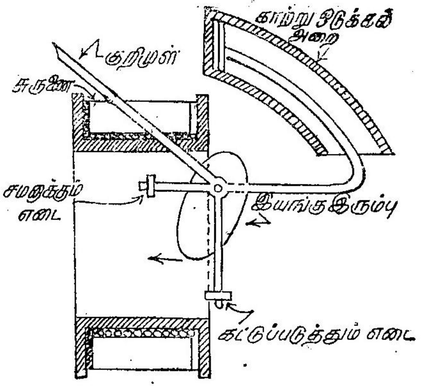
காந்தப்படுத்தப்படாத ஒரு தேனிரும்புத் (soft iron) துண்டு, மின்னோட்டம் செல்லும் சுருளின் ஒரு முனையருகில் கொண்டு சென்றால் அது ஒரு சட்டக்காந்தத்தால் (bar magnet) கவரப்படுவது போலவே சுருளிற்குள் இழுக்கப்படும். ஆகவே, முட்டை வடிவத் தேனிரும்புத் தகட்டைத் தாங்கிகளுக்கு (bearings) இடையே ஒரு கதிரில் பொருத்திச் சுருளின் அருகே சுழற்சித் தானம் உள்ளவாறு அமைத்தால், சுருளில் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது அத்தட்டு சுருளின் உள்ளே கவரப்படும். இதுவே கவர்ச்சி வகைக் கருவியின் தத்துவம். படம் 2·1 காண்க. கதிருடன் ஒரு குறிமுள் இணைக்கப்பட்டால் மின்னோட்டம் குறிமுள்ளை விலகச் செய்யும். ஆகவே விலக்கத்தின் அளவு மின்னோட்டத்தைப் பொறுத்து இருக்கும். முன்பே கூறியுள்ளபடி, இக்கருவிகள் நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரத்திலும் பயன்படுத்தலாம் என்பதைக் கவனத்தில் கொள்க.



படம் 2·1

இக்கருவியின் அமைப்புப் படம் 2·2ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்தில் ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தலும், காற்று ஒடுக்கலும் காண்பிக்கப் பட்டுள்ளது. இயங்கிரும்பின் சுழற்சித்தானம் அதன் வட்டமையத்தை விட்டுத் தள்ளி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அது பல மெல்லிய தேனிரும்புத் தகடுகளால் ஆனது. சுருளில் மின்னோட்டம் செல்லும்பொழுது இவ்விரும்பு வெளியிலுள்ள பலமற்ற காந்தப் புலனிலிருந்து சுருளுக்கு இடையே உள்ள பலமான காந்தப்புலனை நோக்கி

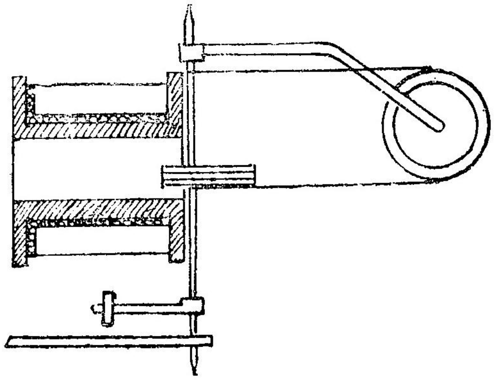
நகருகிறது. தட்டின் வடிவம் சீரான அளவீடுகள் வருமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும்.



(அ)

படம் 2·2

கவர்ச்சி வகை இயங்கிரும்புக் கருவி



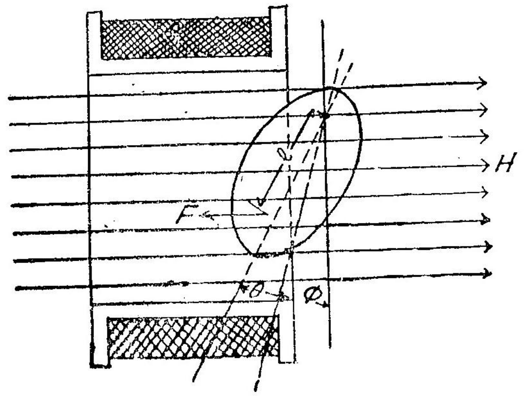
(ஆ)

படம் 2·2

கவர்ச்சி வகை இயங்கிரும்புக் கருவி

அறிமுறை

படம் 2·3 காண்க. தேனிரும்புத் தகட்டின் அச்சு (axis) பூச்சிய நிலையில் (zero position) சுருளின் புலனுக்குச் செங்குத்துக் கோட்டிற்கு ϕ பாகையில் (degrees) உள்ளது.



படம் 2·3

மின்னேட்டம் — I எனக் கொள்க

புலன் வலிமை — H

தகட்டின் விலக்கம் — θ

தகட்டின் காந்தமாக்கல் (magnetization) இந்நிலையில் அதன் அச்சின் திசையில் உள்ள காந்தப் புல வலிமை H-ன் கூறுக்கு (component) விகிதச் சமத்தில் இருக்கும்.

அதாவது H கொசைன் $\{90-(\theta+\phi)\}$

$=H$ சைன் $(\theta+\phi)$ க்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும்.

ஆகவே தகட்டைச் சுருளின் உள்ளே இழுக்கும் விசை H^2 சைன் $(\theta+\phi)$ க்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும். இருப்பின் உட்புகு திறன் (permeability) நிலையானது என்று வைத்துக் கொண்டால், இவ்விசை,

$$F \propto I^2 \text{ சைன் } (\theta+\phi)$$

இந்த விசை சுழற்சித் தானத்திலிருந்து 'l' தூரத்தில் செயல் பட்டால் அதனுல் ஏற்படும் விலக்கும் சுழற்றுமை,

$$T_D \propto F.\,l. \text{ கொசைன் } (\theta+\phi)$$

$$\propto H^2 \text{ சைன் } (\theta+\phi) \text{ கொசைன் } (\theta+\phi)$$

$$\propto I^2 \text{ சைன் } \{2\,(\theta+\phi)\}$$

$$\therefore \quad T_D = k\,I^2 \text{ சைன் } \{2\,(\theta+\phi)\}$$

இதில் k ஒரு நிலே எண்.

கருவி வில்லால் கட்டுப்படுத்தப்பட்டால், கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை $T_C = k' \theta$

இதில் k' ஒரு நிலை எண்

நிலையான விலக்கம் ஏற்படும்பொழுது $T_C = T_D$

$$\therefore k' \theta = k I^2 \text{ சைன் } \{2(\theta + \phi)\}$$

$$\therefore I = \sqrt{\frac{k' \theta}{k \text{ சைன் } 2(\theta + \phi)}}$$

$$= K \sqrt{\frac{\theta}{\text{சைன் } 2(\theta + \phi)}}$$

இதில் K வேறொரு நிலை எண்.

ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தலானால்,

$$T_C = k'' \text{ சைன் } \theta$$

$$\therefore k'' \text{ சைன் } \theta = kI^2 \text{ சைன் } \{2(\theta + \phi)\}$$

$$I = K' \sqrt{\frac{\text{சைன் } \theta}{\text{சைன் } \{2(\theta + \phi)\}}}$$

ϕ பூச்சியமாக இருக்கும்பொழுது மிக அதிக நெடுக்கம் கிடைக்கிறது.

விலக்கும் சுழற்றுமை உச்சமாக இருக்க,

சைன் $2(\theta + \phi) = 1$

அதாவது, $\theta + \phi = 45°$

விலக்கும் சுழற்றுமை பூச்சியமாக இருக்க,

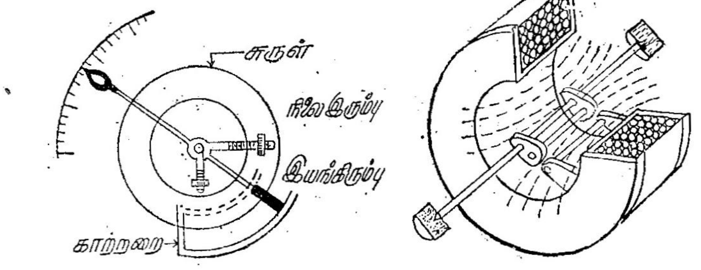
சைன் $2(\theta + \phi) = 0$

அதாவது $\theta + \phi = 0$

எதிர்த்துத் தள்ளும் வகை

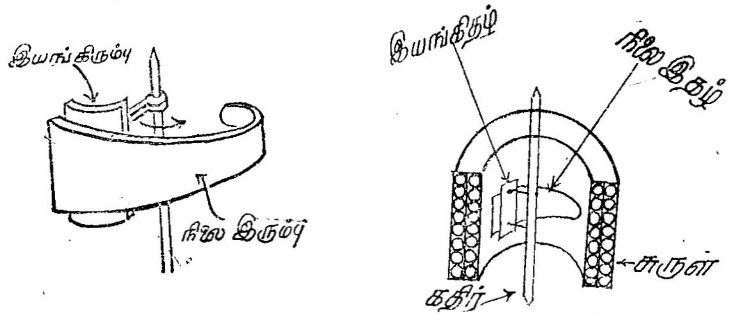
இவ்வகைக் கருவி படம் 2·4-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு நிலையான சுருளில் இரண்டு தேனிரும்புக் கம்பிகள் அல்லது சட்டங்கள் 'அ', 'ஆ' சுருளின் அச்சுவாக்கில் ஒன்றுக் கொன்று இணையாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரண்டில் 'அ' நிலையானது. நகரக் கூடிய 'ஆ' இரும்புடன் அளவிடு செய்யப்பட்ட முகப்புத் தகட்டின் (dial) மேல் நகரும் ஒரு குறிமுள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும்.

அளக்கப்படவேண்டிய மின்னோட்டம் சுருளினுள் பாயும்பொழுது காந்தப் புலன் உண்டாகி இரண்டு இரும்புகளும் ஒரே மாதிரியாகக் காந்தப்படுத்தப்படுகின்றன. ஆகவே அவைகள் ஒன்றையொன்று



படம் 2·4

எதிர்த்துத் தள்ளுகின்றன. இதனால் குறிமுள் கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமைக்கு எதிராக விலகுகிறது. மின்னோட்டத்தின் திசை எதுவாக இருந்தாலும் இரும்புகள் ஒரே மாதிரியாகக் காந்தப் படுத்தப்படுவதால் எப்பொழுதுமே ஒன்றையொன்று எதிர்த்துத் தள்ளும். ஆகவே, முன் கூறியபடி இக் கருவியும் நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரத்திலும் உபயோகப்படும்.



(அ) (ஆ)

படம் 2·5

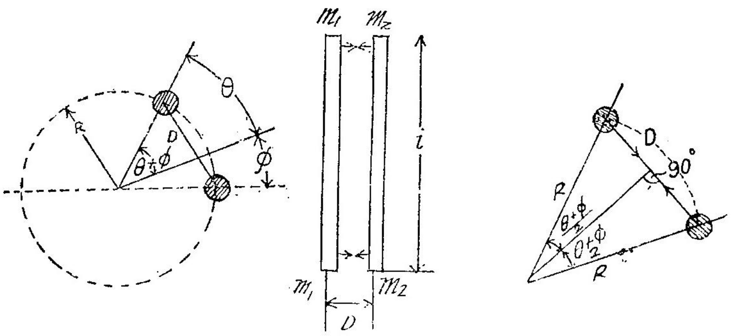
இயங்கிரும்பு எதிர்த்துத் தள்ளும் வகையின் இரும்புத்துண்டுகள்

அளவீடு ஒரே சீராக இருப்பதற்காகப் படம் 2·5-ல் காட்டியுள்ளதைப் போன்ற இரு தகடுகள் பயன்படுத்தப்படும்.

அறிமுறை

எதிர்த்துத் தள்ளும் வகைக் கருவியிலுள்ள இரு இரும்புகளும் நேரான, உருண்டையான ஒரே அளவுள்ள தடிகள் (rods) என

வைத்துக்கொள்வோம். மேலும், அவை இரண்டிற்கும் இடையே உள்ள தூரம் எப்பொழுதும் அவற்றின் நீளத்தைவிட மிகச் சிறியது என்றும் வைத்துக்கொள்வோம். சுருளில் மின்னோட்டம் I ஆகவும் புலவலிமை H ஆகவும் இருக்கும்பொழுது அவ்விரு தடிகளின் முனை வலிமை (pole strength) m_1, m_2 எனக் கொள்க.



(அ) (ஆ) (இ)

படம் 2·6

படம் 2·6-ல் காட்டியுள்ளபடி,

இரு இரும்புகளுக்கு இடையே உள்ள தூரம்	— D
இரும்புகளின் நீளம்	— l
விலக்கக் கோணம்	— θ
தொடக்க விலக்கக் கோணம்	— ϕ
சுழலும் மையத்திலிருந்து தடியின் நீளம்	— R
எதிர்த்துத் தள்ளும் விசை	$= \dfrac{2\, m_1\, m_2}{D^2}$

ஆனல் $D = 2\, R$ சைன் $\dfrac{\theta + \phi}{2}$

$$\therefore\ T_D = \frac{2\, m_1\, m_2}{D^2} \cdot R.\ \text{கொசைன்}\ \frac{\theta + \phi}{2}$$

$$= \frac{2\, m_1\, m_2}{4\, R^2\ \text{சைன்}^2 \frac{\theta+\phi}{2}} \cdot R.\ \text{கொசைன்}\ \frac{\theta + \phi}{2}$$

$$= \frac{m_1 \, m_2 \text{ கொசைன் } \frac{\theta+\phi}{2}}{2\,R \text{ சைன்}^2 \frac{\theta+\phi}{2}}$$

m_1 , m_2 இரண்டும் I க்கு விகிதச் சமத்தில் இருப்பதால்,

$$T_D \propto \frac{I^2 \text{ கொசைன் } \frac{\theta+\phi}{2}}{\text{சைன்}^2 \frac{\theta+\phi}{2}}$$

$$T_D = \frac{K\,I^2 \text{ கொசைன் } \frac{\theta+\phi}{2}}{\text{சைன்}^2 \frac{\theta+\phi}{2}}$$

இதில் K ஒரு நிலை எண்.

ஈர்ப்புக் கட்டுப்படுத்தல் பயன் படுத்தப்பட்டால்,

$T_C = k$ சைன் θ

ஆகவே நிலையான விலக்கம் ஏற்படும்பொழுது

$$\frac{K\,I^2 \text{ கொசைன் } \frac{\theta+\phi}{2}}{\text{சைன்}^2 \frac{\theta+\phi}{2}} = k \text{ சைன் } \theta$$

$$I = k' \text{ சைன் } \frac{\theta+\phi}{2} \sqrt{\frac{\text{சைன் } \theta}{\text{கொசைன்} \frac{\theta+\phi}{2}}}$$

இதில் k' பிறிதொரு நிலை எண்.

வில் கட்டுப்படுத்தல் பயன்படுத்தப்பட்டால்,

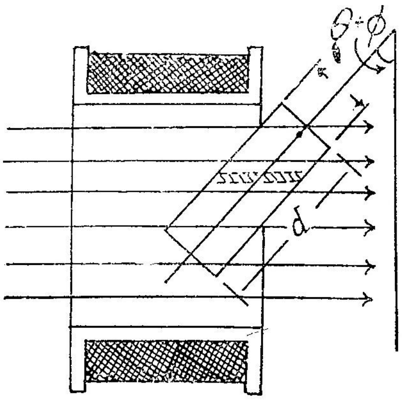
$T_C = k' \; \theta$

$$\frac{K\,I^2 \text{ கொசைன் } \frac{\theta+\phi}{2}}{\text{சைன்}^2 \frac{\theta+\phi}{2}} = k' \; \theta$$

$$I = k'' \text{ சைன் } \frac{\theta+\phi}{2} \sqrt{\frac{\theta}{\text{கொசைன் } \frac{\theta+\phi}{2}}}$$

2·7. சுழற்றுமைக்கும் மின் நிலைமத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு

கவர்ச்சி வகை இயங்கிரும்புக் கருவிகளில் இரும்பின் நிலை மாறும் பொழுது மின் நிலைமம் மாறும். இரும்பின் நிலை மாறுதல் சுழற்றுமையில் ஏற்படுவதால் சுழற்றுமைக்கும் மின் நிலைமத்திற்கும் தொடர்பு உள்ளது. படம் 2·7-ல் காண்பித்துள்ளது போல் இயங்கிரும்பு நீண்ட சதுர வடிவமானது என்று வைத்துக் கொள்வோம்.



படம் 2·7

அதன் நீளம் — l,
அகலம் — b,
கனம் — t

இரும்பின் வழியாகச் செல்லும் பாயம் (flux) நேர்க் கோடுகளாக இருக்கின்றன என்றும் இரும்பின் உட்புகு திறன் நிலையானது என்றும் வைத்துக்கொள்க.

இரும்பு தனது செங்குத்து நிலையிலிருந்து $(\theta+\phi)^\circ$ விலகியிருப்பதாக வைத்துக் கொண்டால்,

இரும்பில் காந்தப் பாதையின் நீளம்,

$$= \frac{b}{\text{கொசைன் } (\theta+\phi)}$$

இரும்பின் வெட்டு முகத்தின் பரப்பு,

$$= l\,t \text{ கொசைன் } (\theta+\phi)$$

∴ காந்தப் பாதையின் காந்தத் தடை (Reluctance)

$$= \frac{\dfrac{b}{\text{கொசைன் } (\theta+\phi)}}{l\,t\,\mu \text{ கொசைன்}^2 (\theta+\phi)}$$

இதில் μ — உட்புகுதிறன்.

பாயத்தின் இரும்பு மற்றும் காற்றுப் பாதை இணையாக இருப்பதால்,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{Ra} + \frac{\dfrac{1}{b}}{l\,t\,\mu \text{ கொசைன்}^2 (\theta+\phi)}$$

இதில் R — மொத்தக் காந்தத்தடை

R_a — காற்றின் காந்தத்தடை

$$\text{மொத்த உட்புகு திறன் } P = \frac{1}{\text{காந்தத்தடை}}$$

$$= P_a + \frac{l\, t\, \mu \text{ கொசைன்}^2 (\theta+\phi)}{b}$$

இதில் P_a — காற்றின் உட்புகு திறன். இது நிலையானது.

மின்னோட்டம் — I

சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை — N

$$\text{மொத்த பாயம் } \Phi = \frac{4\pi}{10} \cdot N.\, I.\, P.$$

$$\text{சுருளின் மின் நிலைமம் } L = \frac{\Phi N}{10^8\, I}$$

$$= \frac{4\pi\, N\, I\, P\, N}{10^9\, I}$$

$$= \frac{4\pi\, N^2}{10^9} P$$

$$\text{அல்லது } L = A\, [\, P_a + a \text{ கொசைன்}^2 (\theta+\phi)\,]$$

$$= A\left[\, P_a + a\left\{\frac{\text{கொசைன் } 2\,(\theta+\phi) + 1}{2}\right\}\right]$$

$$= A\left[\, P_a + \frac{a}{2} + \frac{a}{2} \quad \text{கொசைன் } 2\,(\theta+\phi)\right]$$

இவற்றில் A, a நிலை எண்கள்

விலக்கும் சுழற்றுமை $T_D = K\, I^2$ சைன் 2 $(\theta+\phi)$

$(\phi+\theta)$ ஐக் குறித்து Lஐ வகையிடு {differentiate L with respect to $(\theta+\phi)$};

$$\frac{dL}{d\,(\theta+\phi)} = A^1 \text{ சைன் } 2\,(\theta+\phi)$$

இதில் A^1 ஒரு நிலை எண்.

$$\text{சைன் } 2\,(\theta+\phi) = \frac{d\,L}{A'\, d(\theta+\phi)}$$

இதை T_D யின் சமன்பாட்டில் பயன்படுத்த,

$$T_D = \frac{K\, I^2}{A'} \cdot \frac{d\,L}{d\,(\theta+\phi)}$$

$$= G\, I^2 \frac{d\,L}{d\,(\theta+\phi)}$$

$$\text{இதில் } G = \frac{K}{A'}$$

2·8. இயங்கிரும்புக் கருவிகளில் ஏற்படும் பிழைகள்

இயங்கிரும்புக் கருவிகளில் தயக்கம் (hysteresis) வெளிக் காந்தப் புலன்கள் (stray magnetic fields) மற்றும் அலைவெண் மாறுதல் ஆகியவைகளால் பிழைகள் ஏற்படக்கூடும்.

தயக்கப்பிழை

இயங்கமைப்பில் உள்ள இரும்பின் தயக்கம் காரணமாக, மின்னோட்டம் அதிகரிக்கும்பொழுது காட்டப்படும் அளவுகள் அதிக மாக உள்ளன. இப்பிழையைக் குறைக்க இரும்பினாலான பாகங்கள் சிறியவையாகச் செய்யப்படுகின்றன அல்லது தயக்க விளைவு குறை வாக இருக்குமாறு இரும்பில் குறைந்த பாய அடர்த்தி (flux density) எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது.

தயக்கத்தினால் இரும்பின் நிலை (position) மாறும்பொழுது அதன் காந்த முனைகள் நிலைமாறி பிழை உண்டாகிறது. ஆயினும் இதனால் ஏற்படும் பிழை மிகக்குறைவே. தயக்கப் பிழை நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரம் இரண்டுக்கும் பொதுவானது.

வெளிக் காந்தப் புலன்கள்

செயல்படும் காந்தப் புலன்களின் பலமின்மையால் இந்த வெளிக் காந்தப் புலன்கள் அதிகப் பிழை உண்டாக்கக்கூடும். இப்பிழை இரும்பு மூடிகளைப் பயன்படுத்தி காந்தத்தடுப்பு (magnetic screening) செய்வதன் மூலம் குறைக்கப்படுகிறது. இப்பிழையும் நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரம் இரண்டுக்கும் பொதுவானது.

அலைவெண் பிழைகள்

அலைவெண் மாறும்பொழுது செயல்படும் சுருளின் மின்மறுப்பு மற்றும் சுழல் ஓட்டத்தின் அளவு இவைகளில் மாறுதல் ஏற்படுகிறது. இம் மாறுதல்களால் பிழைகள் ஏற்படுகின்றன.

மின்னழுத்த மானிகளில் மட்டும், அலைவெண் மாறுதல் மின் மறுப்பு மாறி பொருட்படுத்தத்தக்க பிழைகளை ஏற்படுத்துகின்றன.

சுருள் உள்ள மின்சுற்றின் மின்நிலைமம்	— L
சுருள் மற்றும் அதன்தொடரின் மின் தடை	— $R+r$
மின்னழுத்தம்	— V
2π. அலைவெண்	— ω

$$\text{மின்னோட்டம் } I=\frac{V}{\sqrt{(R+r)^2+\omega^2L^2}}$$

ஆகவே அலைவெண் மாறினால் மின்னோட்டம் மாறுகிறது. இது விலக்கத்தில் பிழை ஏற்படுத்துகிறது. அலைவெண்ணுடன் ω மாறுவதால்தான் இப்பிழை ஏற்படுகிறது. ஆகவே இப்பிழையைக் குறைக்க, $(R+r)$ஐ ஒப்பிடுகையில் 'L' மிகக் குறைந்த அளவாக இருக்குமாறு செய்ய வேண்டும்.

மின்தடை 'r' க்கு இணையாக ஒரு மின்தேக்கியை (capacitor) இணைப்பதன் மூலம் இப்பிழை குறைக்கப்படலாம். மின்தேக்கியின் மின்தேக்குதிறன் c, மின்சுற்றின் $\frac{L}{r^2}$க்குச் சமமாக அமைக்கப்பட்டால் மின்சுற்றின் மின்எதிர்ப்பு அலைவெண்ணின் சார்பற்றதாக இருக்கும். ஆகவே அலைவெண் மாறுதல் மின்னோட்டத்தைப் பாதிக்காது.

'c', 'r' க்கு இணையாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும் போது

மின் எதிர்ப்பு $Z=R+j\omega L+\frac{r}{1+j\omega c r}$

$$=R+j\,\omega L+\frac{r}{1+\omega^2c^2r^2}-\frac{j\omega\, c\, r^2}{1+\omega^2\, c^2\, r^2}$$

இந்த 'Z' அலைவெண்ணின் சார்பற்றதாக இருக்க $Z=R+r$

$$\therefore\ R+r\ =R+j\omega\, L+\frac{r}{1+\omega^2\, c^2\, r^2}-\frac{j\omega\, cr^2}{1+\omega^2\, c^2\, r^2}$$

மெய் (real) மற்றும் மெய்யிலா (imaginary) உறுப்புகளை (terms) ஒத்திட,

$$r\ =\frac{r}{1+\omega^2 c^2 r^2}\quad ; \quad c=\frac{L}{r^2}$$

$w^2 c^2 r^2$ என்பது 'ஒன்றை' விட மிகச் சிறியதாய் இருந்தால்தான் மேற்கண்டவை சரியாக இருக்கும் என்பதைக் கவனிக்க.

2·9. இயங்கிரும்புக் கருவிகளின் அனுகூலங்கள்

1. இயங்கும் பாகங்களுக்கு மின்னோட்ட இணைப்புத் தேவை இல்லாததால் இக்கருவிகள் வலுவுள்ளவை (robust).

2. இக்கருவிகள் நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரம் இரண்டிலும் பயன்படுத்தக் கூடியவை. ஆயினும் இரண்டிலும் பிழையில்லாத (accurate) அளவுகளைக் காண்பிப்பதற்குத் திட்ட அமைப்பு (design) வெகுகவனத்துடன் செய்யப்பட வேண்டும்.

3. இவை அதிக விலக்கும் சுழற்றுமை உடையவை.

4. குறைந்த அலைவெண் மற்றும் அதிகத்திறன் மின்சுற்றுகளுக்கும் உகந்தவை.

5. மிகவும் மலிவானவை.

இயங்கிரும்புக் கருவிகளின் பிரதிகூலங்கள்

1. வெப்பநிலைப் பிழைகள் அதிகம் ஏற்படக்கூடும்.
2. தயக்கப் பிழைகளும் அதிகம் ஏற்படக்கூடும்.
3. தப்பிய காந்தப்புலன் பிழைகளும் அதிகம் ஏற்படக்கூடும்.
4. அளவீடு ஒரே சீரானதாக இராது.
5. எந்த அலைவெண்ணிற்குத் திட்ட அமைப்புச் செய்யப் பட்டதோ அந்த அலைவெண்ணில் மட்டுமே இக்கருவிகளை மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படுத்தக்கூடும்.

எடுத்துக்காட்டு 2·2

ஒரு 300 வோல்ட் இயங்கிரும்பு மின்னழுத்தமானியின் சுருளின் மின்மறுப்பு 0.75 ஹெ. இக்கருவி 300 வோல்ட் நேர் மின்சாரத்தில் இணைக்கப்பட்ட பொழுது அதில் பாய்ந்த மின்னோட்டம் 0.1 ஆ. 100 அலைவு 150 வோல்ட் மாறு மின்சாரத்தில் இணைக்கப்படும்பொழுது அதன் காட்சிப்பதிவு என்ன ?

நேர் மின்சாரத்தில் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது மின்தடை மட்டுமே மின்னோட்டத்திற்குக் காரணமாகிறது. ஆகவே மானியின்

மின்தடை $= \frac{300}{0\cdot1} = 3000$ ஓம்கள்.

மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படுத்தப்படும் பொழுது மின்னோட்டத் திற்கு மின்எதிர்ப்புக் காரணமாகிறது.

அலைவு 100 ஆக இருக்கும்பொழுது,

மின் எதிர்ப்பு $= \sqrt{3000^2+(2\pi\times100\times0\cdot75)^2}$
$= 3815$ ஓம்கள்

மாறு மின்னோட்டம் $= \frac{150}{3815}$ ஆ.

∴ கருவியின் காட்சிப்பதிவு $= \frac{300}{0\cdot1} \times \frac{150}{3815}$
$= 118$ வோல்ட்கள்.

எடுத்துக் காட்டு 2·3

ஓர் இயங்கிரும்பு மின்னழுத்தமானியின் மின்தடை 500 ஓம்கள்; மின் நிலையம் 1 ஹெ. 200 வோல்ட் நேர் மின்சாரத்தில் இணைக்கப் படும்பொழுது 0·05 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்ந்து பிழையின்றிக் காட்டுகிறது. கீழ்க்கண்டவைகளைக் கணக்கிடவும்.

(அ) 200 வோல்ட்; 100 அலைவு மின்னழுத்தத்துடன் இணைக்கப்படும்பொழுது காட்சிப்பதிவு மற்றும் %பிழை.

(ஆ) இப்பிழையைத் தவிர்க்கத் தேவையான மின்தேக்குதிறன்

கருவியின் மின் நிலைம மின்மறுப்பு $= 2\pi \times 100 \times 1$

$= 628$ ஓம்கள்

$\therefore$ கருவிச்சுருளின் மின் எதிர்ப்பு $= 500 + j\,628$ ஓம்கள்

200 வோல்ட் நேர் மின்சாரத்தில் மின்னோட்டம் $= 0{\cdot}05$ ஆ

$\therefore$ மின் தடை $= \dfrac{200}{{\cdot}05} = 4000$ ஓம்கள்

$\therefore$ தொடர் மின்தடை $R_S = 4000 - 500 = 3500$ ஓம்கள்

மின்னழுத்த மின்சுற்றின் மின் எதிர்ப்பு $= 4000 + j\,628$

$= 4050$ ஓம்கள்

$\therefore$ கொடுவாய் மின்னோட்டம் $= \dfrac{200}{4050}$ ஆ.

கருவி காட்டும் காட்சிப் பதிவு $= \dfrac{I_2}{I_1} \times 200$

$= \dfrac{200}{4050} \times \dfrac{200}{{\cdot}05}$

$= 197{\cdot}5$ வோல்ட்

%பிழை $= \dfrac{200 - 197{\cdot}5}{200} \times 100$

$= 1{\cdot}25$

மின் நிலைமத்தின் விளைவை நீக்கத் தொடர் மின்தடை R_S உடன் இணையாக இணைக்கப்பட வேண்டிய மின் தேக்குதிறன் C என்றால்

$$C = \frac{L}{R_S^2} = \frac{1}{3500^2}$$

$= 0{\cdot}0817$ மை.பா. (μF)

எடுத்துக்காட்டு 2·4

ஓர் இயங்கிரும்புக் கருவி குறிப்பிட்ட மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது 50° விலகுகிறது. இந்நிலையில் அதனுடைய மின் நிலைமம் 'ஒரு பாகைக்கு மை, ஹென்றி' என்ற கணக்கில் அதிகரிக்கிறது. கட்டுப்படுத்தும் வில், ஒரு பாகை விலக்கத்திற்கு 3×10^{-6} நியூ-மீட்டர் என்ற வீதத்தில் சுழற்றுமை ஏற்படுத்துகிறது, கருவியில் பாயும் மின்னோட்டம் என்ன ?

விலக்கம் 50°

மொத்தச் சுழற்றுமை $= 3 \times 10^{-6} \times 50$

$= 150 \times 10^{-6}$ நியூ—மீ.

$$\frac{dL}{d(\theta+\phi)} = 1\times10^{-6} \text{ மை.ஹெ | பாகை}$$

$$= 1\times10^{-6}\times\frac{180}{\pi} \text{ மை.ஹெ | ஆரையன்}$$

ஆனால் சுழற்றுமை $= \frac{1}{2} I^2 \frac{dL}{d(\theta+\phi)}$

அதாவது $150\times10^{-6} = \frac{1}{2} I^2\times1\times10^{-6}\times\frac{180}{\pi}$

$$I^2 = 150\times\frac{2\pi}{180}$$

$= 2{\cdot}29$ ஆம்பியர்.

எடுத்துக்காட்டு 2·5

ஓர் இயங்கிரும்பு மின்னழுத்தமானியில் 50 மில்லி ஆம்பியர் பாயும்பொழுது முழு விலக்கம் ஏற்படுகிறது. தாமிரத்தால் ஆன அதன் மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்தடை 500 ஓம்கள். இதன் தொடராக 7500 ஓம்கள் உள்ள ஒரு மின்தடை இணைக்கப் பட்டுள்ளது. வெப்பநிலை 20°Cயில் கருவி சரியாகக் காட்டுகிறது.

50°Cயில் அதன் பிழையைக் கண்டுபிடி.

(அ) தொடர் மின்தடையும் தாமிரமாக இருந்தால்.

(ஆ) தொடர் மின்தடை புறக்கணிக்கத்தக்க வெப்பநிலை மின் தடை எண் உடையதானால்.

(அ) 20°C வெப்பநிலையில் மொத்த

மின்தடை $= 500 + 7500 = 8000$ ஓம்கள்

முழு அளவு மின்னழுத்தம் $8000\times{\cdot}05 = 400$

50°C வெப்ப நிலையில் $= 8000\times\frac{234{\cdot}5+50}{234{\cdot}5+20}$

$$= 8000\times\frac{284{\cdot}5}{254{\cdot}5}$$

$= 8950$ ஓம்கள்.

∴ மின்னழுத்தமானியில் பாயும் மின்னோட்டம்

$$I = \frac{400}{8950} = 0{\cdot}0447 \text{ ஆ.}$$

$= 44{\cdot}7$ மி.ஆ.

மானியின் காட்சிப் பதிவு $= 400\times\frac{44{\cdot}7}{50}$

$= 357{\cdot}8$ வோல்ட்கள்

∴ பிழை $= 400 - 357.8 = 42.2$ வோ.

சதவீதப் பிழை $= \frac{42.2}{400} \times 100$

$= 10.55\%$ (குறைவு).

(ஆ) 50°Cயில் சுருளின் மின்தடை $= 500 \times \frac{284.5}{254.5}$

$= 560$ ஓம்கள்.

மொத்த மின்தடை $= 560 + 7500 = 8060$ ஓம்கள்.

மின்னோட்டம் $I = \frac{400}{8060} \times 1000 = 49.6$ மி.ஆ.

∴ கருவியின் காட்சிப்பதிவு $= 4000 \times \frac{49.6}{500}$

$= 396.8$ வோல்ட்கள்

∴ சதவீதப் பிழை $= \frac{400 - 396.8}{400} \times 100$

$= 0.8\%$ (குறைவு)

2.10. இயங்கும் சுருள் கருவிகள்

இவற்றில் இரு வகைக் கருவிகள் உள்ளன.

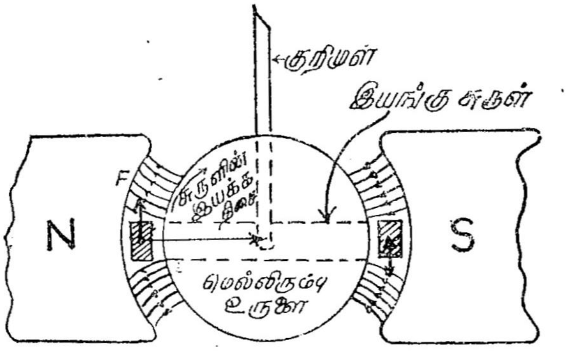
1. நேர் மின்சார அளவுகளுக்கு மட்டுமே பயன்படக் கூடிய நிலைக்காந்த வகை.

2. இரு வகை மின்சார அளவுகளுக்கும் பயன்படக்கூடிய இயங்களவி வகை.

2.11. இயங்கும் சுருள் நிலைகாந்த வகை

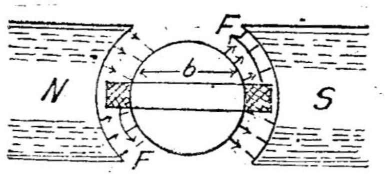
இரு நிலைக்காந்த முனைகளுக்கு இடையே ஒரு தேனிரும்பு உருளை உள்ளது. இவற்றிற்கு இடையே உள்ள காற்றிடைவெளியில் பக்கங்கள் இருக்குமாறு குறைந்த எடையுள்ள நீண்ட சதுரச் சுருளின் சுழற்சித் தானம் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. படம் 2.8 காண்க. சுருளின் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது காந்தப் புலன் ஏற்பட்டு நிலைக்காந்தப் புலனுடன் செயல்பட்டு விலக்கச் சுழற்றுமை ஏற்படுகிறது. காற்றிடைவெளி மிகக் குறைவாகச் சுமார் 1.0 மி.மீ. முதல் 1.5 மி.மீ வரை, இருக்கும். பாய அடர்த்தி ஒரே சீராகவும்

ஆரத் திசையிலும் (radial direction) இருக்கும். இயங்கும் சுருள் கருவிகளில் பெரும் பாலும் வில் கட்டுப்படுத்தலே பயன்படுத்தப்படும் இரண்டு பாஸ்வர-வெண்கல முடி வில்கள் (Hair springs) உபயோகப் படுத்தப்படுகின்றன. இவை இயங்கும் சுருளுக்கு மின்னோட்ட இணைப்பாகவும் பயன்படுகின்றன.



படம் 2·8

இயங்கு சுருள் நிலைக்காந்த வகைத் தத்துவம்



படம் 2·9

நிலைக்காந்த வகையில் விலக்கும் சுழற்றுமை

மின்னோட்டம் சுருளில் பாயும்பொழுது சுருளின் இரு பக்கங் களிலும் விசைகள் உண்டாக்குகின்றன. இவ்விசைகள் படம் 2·9-ல் காட்டியுள்ளபடி ஒரு விலக்கும் சுழற்றுமையை உண்டாக்கு கின்றன.

பாய அடர்த்தி	B	வெபர்கள்/சதுர மீ.
சுருளின் நீளம்	l	மீட்டர்
,, அகலம்	b	மீட்டர்
சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை	N	

I ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது

சுருளின் பக்கங்களில் ஏற்படும் விசை $= B\,I\,l$ நியூ.

N சுற்றுகளுக்கும் ஒரு பக்க விசை $= N\,B\,I\,l$ நியூ.

விலக்கும் சுழற்றுமை T_D $= N B I l\, b$ நியூ.மீ.

$= N\,B\,I\,(l\,b)$,,

$= N\,B\,I\,A$,,

ஆகவே B நிலையானல்

$$T_D \propto I$$

2·12. இயங்கும் சுருள் நிலைக்காந்த வகை அனுகூலங்கள்

1. மிகக் குறைந்த திறன் உபயோகிக்கின்றன.
2. அளவீடு ஒரே சீரானது
3. இவற்றின் $\dfrac{\text{சுழற்றுமை}}{\text{எடை}}$ விகிதம் மிக அதிகம்
4. நெடுக்கம் விரிவாக்கல் (extension) செய்து கொள்ளலாம்.
5. தயக்கத் திறனிழப்பு இல்லை
6. வெளிக் காந்தப் புலன்கள் பாதிப்பதில்லை.

இயங்கும் சுருள் நிலைக்காந்த வகை பிரதிகூலங்கள்

1. மின்னோட்டம் திசை மாறும்பொழுது சுழற்றுமை திசை மாறுவதால் நேர் மின்சாரத்தில் மட்டுமே பயன்படும்.

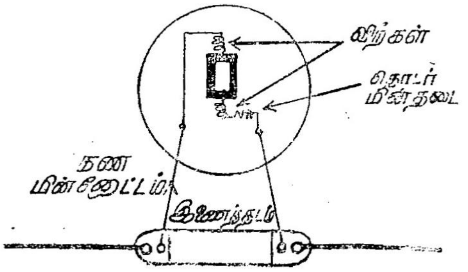
2. இயங்கிரும்புக் கருவிகளுடன் ஒப்பிடுகையில் விலை அதிக மானவை.

3. உராய்வு மற்றும் வெப்பநிலைப் பிழைகளைத் தவிர வில், நிலைக் காந்தம் இவற்றின் தளர்ச்சியும் (aging) பிழை ஏற்படுத்தும்.

2·13. இயங்குசுருள் நிலைக்காந்த வகை கருவிகளின் நெருக்கம் விரிவாக்கல்

இயங்கும் சுருள்கள் மிகக்குறைந்த மின்னோட்டமே தாங்கக் கூடியவை யாதலால் இவ்வகைக் கருவிகள் நெடுக்கம் விரிவாக்கப் பட்டே பயன்படுத்தப்படும். மின்னோட்ட மானிகளுடன் இணைத் தடங்களும், மின்னழுத்தமானிகளுடன் பெருத்த தொடர் மின்

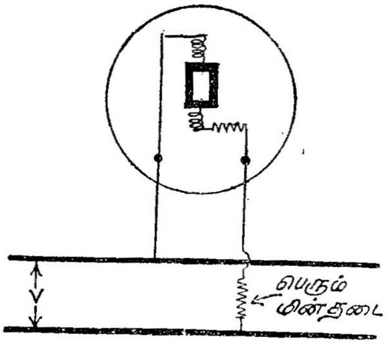
தடைகளும் பயன்படுத்தப்படும் இவைகள் இணைக்கும் விதம் படம் 2·10-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவற்றைப் பற்றி விபரமாக அடுத்த அத்தியாயத்தில் பார்ப்போம்.



(அ)

படம் 2·10

இயங்கு சுருள் கருவி இணைப்புகள்



(ஆ)

படம் 2·10

இயங்கு சுருள் கருவி இணைப்புகள்

எடுத்துக்காட்டு 2·6

ஓர் இயங்குசுருள் மின்னழுத்தமானியின் சுருளின் மின்தடை 10 ஓம்கள். சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை 100. சுருள் நீண்ட சதுர வடிவமாக 3 செ.மீ. நீளமும் 2·5 செ.மீ. அகலமும் உடையது. இடைவெளியில் பாய அடர்த்தி 1 வெபர்/ச.மீ. ஒரு வில் உண்டாக்கும் கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை 5×10^{-4} நியூ-மீ. அளவுத்திட்டம் 100 பிரிவுகளை (division) உடையது என்றால் சுருளுடைய தொடர்மின் தடையைக் கண்டுபிடிக்கவும். அளவுத் திட்டத்தின் ஒவ்வொரு பிரிவும் 0·5 வோல்ட் குறிக்கிறது.

மின்னழுத்த மானியின் நெடுக்கம் $= 0{\cdot}5 \times 100 = 50$ வோல்ட்

$N = 100$; $l = 3$ செ.மீ $= 0{\cdot}03$ மீ

$b = 2{\cdot}5$ செ.மீ $= 0{\cdot}025$மீ

$B = 1$ வெபர்/ச.மீ.

∴ விலக்கும் சுழற்றுமை $= I \times 1 \times {\cdot}03 \times 0{\cdot}025 \times 100$

$= 0{\cdot}075\ I$ நியூ-மீ.

இரு சுழற்றுமைகளும் சமமாக இருக்கவேண்டும்

$$\therefore \quad 0.075\ I = 5 \times 10^{-4}$$

$$I = \frac{5 \times 10^{-4}}{{\cdot}075}$$

$= 6{\cdot}67 \times 10^{-3}$ ஆ.

மொத்த மின்தடை $= \dfrac{50}{6{\cdot}67 \times 10^{-3}}$

$= 7500$ ஓம்கள்.

∴ தொடர் மின்தடை $= 7500 - 10$

$= 7490$ ஓம்கள்.

எடுத்துக்காட்டு 2·7

ஒரு நேர்மின்சார உணர்த்தி (relay) நிலைக்காந்த இயங்கும் சுருள் வகையில் செய்யப்பட்டுள்ளது. அதன் சுருள் 4 செ.மீ நீளமும், 3 செ.மீ அகலமும் 100 சுற்றுகளும் உடையது. நிலைக் காந்தத்தின் புலவலிமை 0·1 வெபர்/ச.மீ உணர்த்தியின் மொத்த மின்தடை 2000 ஓம்கள். 100வோல்ட் மின்னழுத்தம் அளிக்கப்படும்பொழுது, உணர்த்தியின் அச்சிலிருந்து 0·5 செ.மீ. தூரத்திலிருக்கும் தொடுகை முனைகளில் ஏற்படும் அழுத்தம் (pressure) என்ன.

உணர்த்தி மின்னோட்டம் $= \dfrac{100}{2000} = 0{\cdot}05$ ஆ.

$N = 100$ $H = 0{\cdot}1$ வெபர்/ச.மீ.

$I = 0{\cdot}05$ $l = 4$ செ.மீ. $= 0.04$ மீ

$b = 3$ செ.மீ $= 0{\cdot}03$ மீ

சுழற்றுமை $= 0{\cdot}05 \times 0{\cdot}1 \times 0{\cdot}04 \times 0{\cdot}03 \times 100$

$= 0{\cdot}0006$ நியு-மீ

தொடுகைமுனைகள் அழுத்தம் $= \dfrac{0{\cdot}0006}{.005}$

$= 0{\cdot}12$ நியுடன்.

எடுத்துக்காட்டு 2·8

ஒரு நிலைக்காந்த வகை மின்னோட்டமானி அதனுடைய இணைத் தடத்துடன் 20°C யில் சரியாகக் காட்டுகிறது. மின்னோட்டச் சுருளின் மின்தடை 20°C யில் 1·2 ஓம். இணைத்தடத்தின் மின் தடை O°C யில் 0·0004 ஓம். 40°C யில் ஏற்படக்கூடிய சதவீதப் பிழை என்ன ?

O°C யில் மின்தடை வெப்பநிலை எண் சுருளுக்கு 0·00428 என்றும் இணைத்தடத்திற்கு 0·00025 என்றும் கொள்க.

40°C யில் சுருளின் மின் தடை $= 1{\cdot}2\times\dfrac{(1+0{\cdot}00428\times40)}{(1+0{\cdot}00428\times20)}$

$= 1{\cdot}2\times\dfrac{1{\cdot}1712}{1{\cdot}0856}$

$= 1{\cdot}294$ ஓம் $(=r_2)$

20°C யில் இணைத்தடத்தின் மின் தடை $= 1{\cdot}0004\times(1+0{\cdot}00025\times20)$

$= 0{\cdot}0004\times1{\cdot}005$

$= 4{\cdot}02\times10^{-4}$ ஓம் $(=R_1)$

40°C யில் இணைத்தடத்தின் மின் தடை. $= 0{\cdot}0004\ (1+0{\cdot}00025\times40)$

$= 0{\cdot}0004\ \times\ 1{\cdot}01$

$= 4{\cdot}04\ \times\ 10^{-4}$ ஓம் $(=R_2)$

இவ்வெப்பநிலைகளில் மொத்த மின்னோட்டம் 'I' என்று கொள் வோம். மின்னோட்டச்சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் 20°Cயில் i_1 என்றும் 40°Cயில் i_2 என்றும் 20°Cயில் அதன்மின்தடை r_1 என்றும் வைத்துக் கொள்வோம்.

இரு வெப்ப நிலைகளிலும் சுருள் மற்றும் இணைத்தட மின் னழுத்தம் சமம்.

ஆகவே $(I-i_1)\ R_1=i_1\ r_1$

$(I-i_2)\ R_2=i_2\ r_2$

$\therefore\ (I-i_1)\times4{\cdot}02\times10^{-4}=i_1\times1{\cdot}2$

$I=i_1\left(\dfrac{1{\cdot}2\times10^4}{4{\cdot}02}+1\right)$

$= 2986\ i_1$

அல்லது $i_1=\dfrac{I}{2986}$

$(I-i_2)\ r4{\cdot}04\times10^{-4}=i_2\times1{\cdot}294$

$\therefore\ I=i_2\left(\dfrac{1{\cdot}294\times10^4}{4{\cdot}04}\right)=3204\ i_2$

அல்லது $i_2 = \frac{I}{3204}$

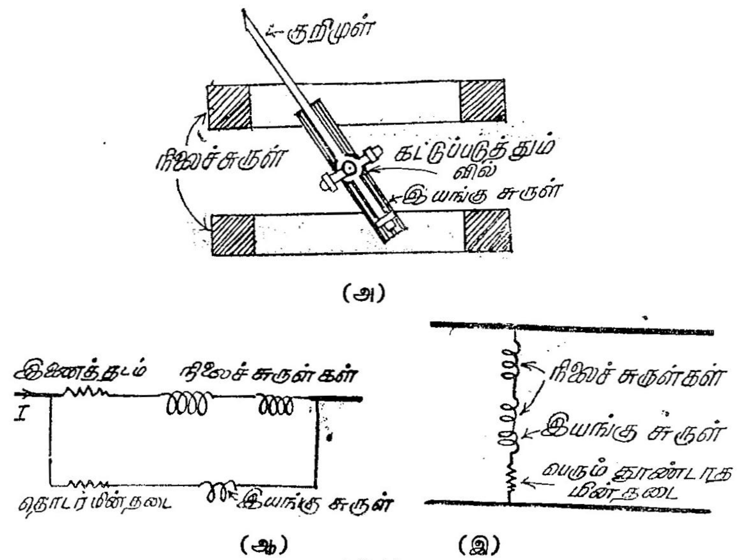
சதவீதப் பிழை $= \frac{i_1 - i_2}{i_1} \times 100$

$$= \frac{\frac{I}{2986} - \frac{I}{3204}}{\frac{I}{2986}} \times 100$$

$= 6{\cdot}804\%$ (குறைவு).

2·14. இயங்களவி வகை இயங்கும் சுருள் கருவிகள்

இக்கருவிகளில் முன் கூறப்பட்டுள்ள நிலைக்காந்த வகைக் கருவிகளில் நிலைக்காந்தங்களுக்குப் பதிலாக ஒன்று அல்லது இரண்டு நிலையான சுருள்கள் உள்ளன. இவற்றில் அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னோட்டம் அல்லது அளக்கப்படவேண்டிய மின்னழுத்தத்திற்கு விகிதச் சமமான மின்னோட்டம் பாயும். இச்சுருள் காற்று உள்ளகம் (Air Core) உடையதாகும். இக்கருவியின் அமைப்பு மற்றும் இணைப்புகள் படம் 2·11-ல் காண்க.



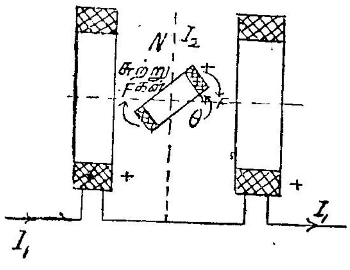
படம் 2·11

இயங்கு சுருள் இயங்களவி கருவி

இக்கருவிகளில் உண்டாகும் சுழற்றுமை நிலை மற்றும் நகரும் சுருள்களின் புலவலிமையைப் பொறுத்தது. சுழற்றுமை,

மின்னோட்டமானியில், மின்னோட்டத்தின் வர்க்கத்திற்கும், மின்னழுத்த மானியில் மின்னழுத்தத்தின் வர்க்கத்திற்கும் விகிதச் சமத்தில் இருக்கும். ஆகவே இக்கருவிகள் மாறு மின்சாரத்திலும் பயன்படும்.

இரு முடி வில்கள், கட்டுப்படுத்தல் மற்றும் மின் இணைப்பாகவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இம்மாதிரி மின்னோட்டமானியில் மிகக் குறைந்த மின்னோட்டத்தையே அளக்கவல்லன. மின்னோட்டம் இயங்கும் சுருளிலும் இணைக்கப் பட வேண்டியிருப்பதாலும், அதிக மின்னோட்டம் தாங்குமாறு அமைத்தால் இயங்கும் சுருள் மிகக் கனமாக ஆகிவிடுவதாலும், பெரும் மின்னோட்டத்தை அளக்கப் படம் 2·11-ல் காட்டியுள்ள மாதிரி, இயங்கும் சுருளுடன் ஒரு மின்தடை தொடர்ச்சியாக இணைத்து, தொடரை நிலைச்சுருள் மற்றும் இணைத்தடம் தொடர்ச்சியின் இணையாக இணைக்கப்படும். இவ்வாறு செய்வதன் மூலம் இரண்டு பாதைகளின் நேர மாறிலி (time constant) சமமாக இருக்குமாறு செய்து இரண்டு பாதைகளில் பிரியும் மின்னோட்டம் அலைவெண்ணைச் சார்ந்திராமல் செய்ய இயலுகிறது.



படம் 2·12
விலக்கும் சுழற்றுமை ஏற்படும் தத்துவம்

இக்கருவிகளில் சுழற்றுமை உண்டாகும் விதம் படம் 2·12-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நிலைச்சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $-I_1$

இயங்கும் சுருள் வழியே பாயும் மின்னோட்டம் $-I_2$

இரும்பு எங்கும் பயன்படுத்தப்படவில்லையாதலால் புல வலிமையும் அதனால் பாய அடர்த்தியும் I_1க்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும்.

$$\therefore B = K I_1$$

இதில் K— ஒரு நிலையெண்.

இயங்கும் சுருள் நீள, அகலங்களின் முறையே l, b எனக்கொள்க

N சுற்றுகள் உள்ள சுருளின் ஒரு பக்க விசை

$$= N B I_2 l \text{ நியூ}$$

$$\text{சுழற்றுமை } T_d = N B I_2 l b \text{ நியூ·மீ}$$

$$= N K I_1 I_2 l b \text{ நியூ·மீ}$$

N, K, l, b இவை நிலையெண்களாதலால்,

$K_1 = N K l b$ ஒரு நிலையெண்ணாகும்.

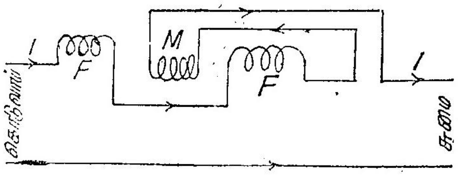
ஆகவே $T_d = K_1 I_1 I_2$

வில் கட்டுப்படுத்தலானல், $T_c = K_2 \theta$

$\therefore \; K_2 \theta = K_1 I_1 I_2$

$\theta \propto I_1 I_2$

கருவி மின்னேட்ட மானியாகப் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது



படம் 2·13

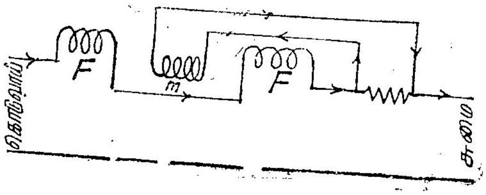
இயங்களவி கருவி—மின்னேட்ட மானியாக (குறைந்த மின்னேட்டம்)

இரண்டு சுருள்களும் படம் 2·13-ல் காட்டியபடி இணைக்கப் படுகின்றன. ஆகவே இரண்டு சுருள்களிலும் அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னேட்டமே செல்கிறது.

ஆகவே, $I = I_1 = I_2$

$\therefore \; \theta = I^2$

அல்லது $I = \sqrt{\theta}$

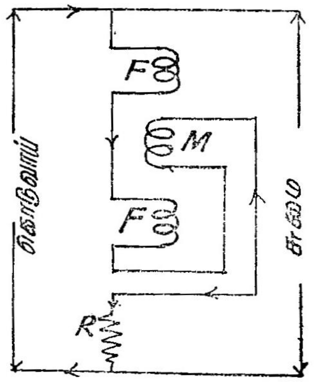


படம் 2·14

இயங்களவி கருவி—மின்னேட்ட மானியாக (பெரும் மின்னேட்டம்)

இணைத்தடம் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது படம் 2·14-ல் காட்டியுள்ளபடி சுருள்கள் இணைக்கப்படும்.

மின்னழுத்தமானியாகப் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது நிலை, மற்றும் இயங்கும் சுருள்கள் ஒரு பெரும் மின்தடையுடன் படம் 2·15-ல் காட்டியுள்ளபடி தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்படும்.



படம் 2·15
இயங்களவி கருவி மின்னழுத்த மானியாக

இங்கும் $I = I_1 = I_2$

நேர் மின்சாரத்தில் $I = \dfrac{V}{R}$

மாறு மின்சாரத்தில் $I = \dfrac{V}{Z}$

$$\therefore\ \theta \propto V \times V$$
$$\propto V^2$$

இதிலிருந்து முக்கியமாகக் கவனிக்கப்பட வேண்டியது : கருவி மின்னோட்ட மானியானாலும், மின்னழுத்தமானியானாலும், அளவீடு சீராக இராது. குறிப்பாகத் தொடக்கத்தில் பூச்சிய நிலைக்கு அருகில் மிகவும் நெருக்கமாக இருக்கும்.

2·15. இயங்களவி வகையில் உள்ள பிழைகளும் பிரதிகூலங்களும்

சுருள்கள் காற்று உள்ளகம் உடையனவாகையால் உண்டாக்கப்படும் புலன் மிகவும் சிறியது. ஆகவே தேவையான சுழற்றுமை உண்டாக்க இயங்கும் சுருளில் அதிகச்சுற்றுகள் தேவை. இரு கட்டுப்படுத்தும் வில்கள் இயங்கமைப்பிற்கு மின் இணைப்பாகப் பயன்படுவதால் மின்னோட்டம் குறைந்திருக்க வேண்டியது அவசியமாகிறது. இவ்விரு காரணங்களாலும் உராய்வுத் திறனிழப்பு அதிகமாகிறது. சுருள் சூடாவதால் மின் தடை அதிகரித்துச் சுருளில் மின்னோட்டத்தைக் குறைக்கத் தேவையாகிறது. வெளிப் புலன்கள் பாதிக்காமல் தடுக்கக் காந்தத்தடுப்பு அவசியமாகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 2·9

ஒரு 10 ஆம்பியர் இயங்களவி வகை மின்னோட்டமானி முழு அளவு விலக்கத்திற்கு 110° விலகுகிறது. கட்டுப்படுத்தலுக்குப் பயன்படும் வில் 1×10^{-7} நியூ—மீ/ பாகை என்ற நிலையெண் உடையது. இரு சுருள்களுக்கிடையே பரிமாற்று மின் நிலைமத்தின் தொடக்க மதிப்பு 2 மை. ஹெ. 10 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் அளக்கும்பொழுது

அதன் பரிமாற்று மின் நிலைமம் என்ன ? பரிமாற்று மின் நிலைமம் கோண நிலையைப் பொறுத்து நேர்கோட்டில் (linear) மாறுகிறது.

முழு அளவு மின்னோட்டம் $= 10$ ஆ.

$$\text{சுழற்றுமை} = I^2 \frac{d\,M}{d\,(\theta+\phi)}$$

$$110\times1\times10^{-7} = 10^2 \frac{d\,M}{d\,(\theta+\phi)}$$

$$\therefore \frac{d\,M}{d\,(\theta+\phi)} = \frac{110\times10^{-7}}{10^2}$$

$$= 0{\cdot}11 \text{ மை.ஹெ. / ஆரையன்.}$$

சூச்சிய மின்னோட்டத்திலிருந்து முழுவிலக்கம்
ஏற்படக் கோணம் $= 110^\circ$

$$= 110\times\frac{\pi}{180} \text{ ஆரையன்கள்.}$$

$$\therefore \text{பரிமாற்று மின் நிலைம மாறுதல்} = 0{\cdot}11\times110\times\frac{\pi}{180}$$

$$= 0{\cdot}211 \text{ மை.ஹெ.}$$

∴ முழு விலக்கத்தில் மொத்தப் பரிமாற்று மின் நிலைமம்

$$= 2+0{\cdot}211 = 2{\cdot}211 \text{ மை.ஹெ.}$$

எடுத்துக்காட்டு 2·10

120 வோல்ட் இயங்களவி வகை நேர் மின்சார வகை மின்னழுத்தமானி தொடக்கத்தில் 300 மி.ஹெ. பரிமாற்று மின் நிலைமம் உடையதாகவும், அது 60° விலக்கம் வரை ஒரே சீராக உயருவதாகவும் உள்ளது. முழு விலக்கம் ஏற்படும்பொழுது மின்னோட்டம் 60 மி.ஆ. சுழற்றுமை $18{\cdot}6\times10^{-6}$ நி.மி. கருவி 120 வோல்ட் 50 அலைவுகளில் பயன்படும்பொழுது ஏற்படும் பிழை காண்.

$$I = 60 \text{ மி.ஆ.} = 0{\cdot}06 \text{ ஆ.}$$

$$18{\cdot}6\times10^{-6} = (0{\cdot}06)^2\frac{d\,M}{d\,(\theta+\phi)}$$

$$\therefore \frac{d\,M}{d\,(\theta+\phi)} = \frac{18{\cdot}6\times10^{-6}}{({\cdot}06)^2}$$

$$= 5{\cdot}18 \text{ மி.ஹெ/ஆரையன்}$$

$$\text{முழு விலக்கம் } \theta = 60^\circ = 60\times\frac{\pi}{180}$$

பரிமாற்று மின் நிலைமத்தில் மொத்த மாறுதல் $= 5{\cdot}18 \times 60 \times \frac{\pi}{180}$

$= 5{\cdot}42$ மி.ஹெ.

$\therefore$ முழு விலக்கத்தில் மொத்தப் பரிமாற்று மின் நிலைமம்

$= 300 + 5{\cdot}42 = 305{\cdot}42$ மி.ஹெ.

தூண்டும் மின் மறுப்பு $= 2\pi \times 50 \times 305{\cdot}42 \times 10^{-3}$

$= 96$ ஓம்கள்

மின்னழுத்த மின் சுற்றில் மொத்த மின்தடை

$$= \frac{120}{60 \times 10^{-3}} = 2000 \text{ ஓம்கள்}$$

$\therefore$ மின் எதிர்ப்பு $= 2000 + j\,96.$

$= 2000$ ஓம்கள்.

$\therefore$ மாறு மின்சாரத்தில் காட்சிப் பதிவு

$$= \frac{2002}{2002} \times 120 = 119{\cdot}9 \text{ வோ.}$$

பிழை $= 120 - 119{\cdot}9 = 0{\cdot}1$ வோல்ட்

எடுத்துக்காட்டு 2·11

ஒரு முறுக்கு முகடு வகை இயங்களவியில், 25 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தைச் சமநிலை செய்ய 90° விலக்கம் தேவைப்படுகிறது.

(அ) கருவியின் நெடுக்கம் என்ன ?

(ஆ) எந்த மின்னோட்டத்திற்கு விலக்கம் 180° ஆகும்.

(இ) 20 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்திற்கு விலக்கம் என்ன ?

(ஈ) கருவியின் மாறிலியைக் கண்டு பிடி.

(அ) சுழற்றுமை $T \propto I^2$

மேலும் $T \propto \theta$ (விலக்கம்)

$\therefore$ $\theta \propto I^2$

25 ஆம்பியருக்கு விலக்கம் 90°

360° விலக்கத்திற்கு மின்னோட்டம்

$$I = \sqrt{\frac{360}{90}} \times 25 = 50 \text{ ஆம்பியர்}$$

(ஆ) விலக்கம் 180° **ஆக** இருக்கும்பொழுது மின்னோட்டம்

$$= \sqrt{\frac{180}{90}} \times 25 = 35{\cdot}4 \text{ ஆம்பியர்}$$

(இ) 20 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்திற்கு விலக்கம்

$$= \left(\frac{20}{25}\right)^2 \times 90 = 57{\cdot}6^\circ$$

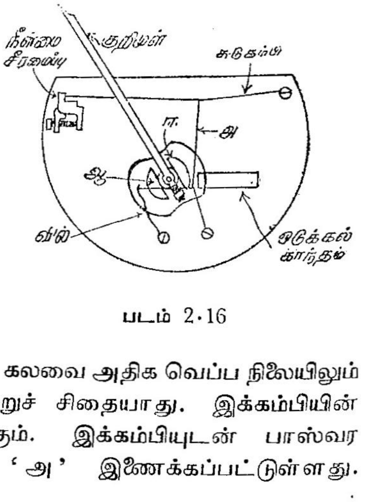
(ஈ) $$I^2 = K\theta$$

$$\therefore \quad K = \frac{25 \times 25}{90} = 6{\cdot}95 \text{ ஆம்பியர்}^2 / \text{பாகை.}$$

2·16. சுடுகம்பி வகைக் கருவிகள்

இக்கருவிகளில் அளக்கப்பட வேண்டிய அல்லது அதன் குறிப்பிட்ட ஒரு பகுதி ஒரு மெல்லிய கம்பி மூலம் செலுத்தப் படுகிறது. அக்கம்பி மின்னோட்டத்தின் சூடாக்கும் தன்மையால் விரிவடைகிறது. கம்பியின் மின்தடையும், மின்தடை வெப்பநிலை எண்ணும் நிலையாக வைத்துக் கொண்டால், கம்பியின் விரிவு மின்னோட்டத்தின் வர்க்கத்திற்கு விகிதச்சமத்தில் இருக்கும். இவ்விரிவு தகுந்த அளவு இருந்தால் ஒரு குறிமுள்ளை விலகச் செய்யலாம்.

இக்கருவிகள் நேர் மற்றும் மாறு மின்னோட்டங்களிலும் பயன்படுத்தலாம். இக்கருவிகளின் விலக்கம், மின்னோட்டத்தின் சூடாக்கும் தன்மையைப் பொறுத்து இருப்பதால் அவை மின்னோட்டத்தின் பயன் மதிப்பைக் காட்டும். நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரம் இரண்டிற்கும் ஒரே அளவீடு செய்தலே (calibration) போதும். இக்கருவிகள் வெளிக் காந்தப் புலன்களால் பாதிக்கப் படுவதில்லை.



படம் 2·16

அமைப்பு

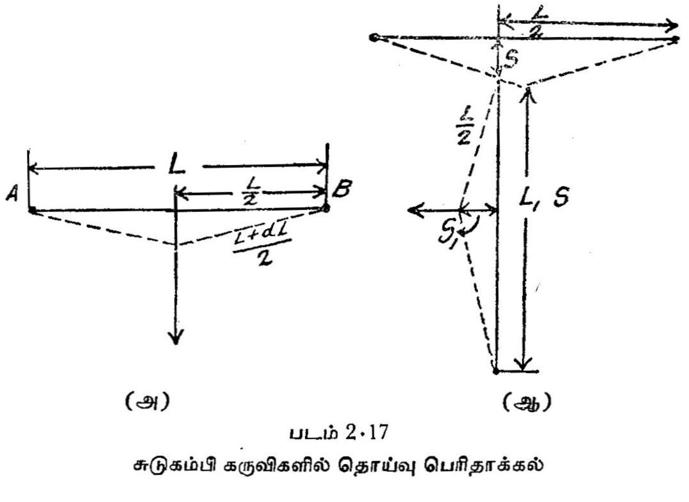
இக்கருவிகளின் ஒரு வகைப் படம் 2·16-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சுடுகம்பி (hot wire) பிளாட்டினம்-இருடியத்தால் (platinum-iridium) ஆனது. இந்த உலோகக் கலவை அதிக வெப்ப நிலையிலும் ஆக்சிஜனேற்றம் (oxidation) பெற்றுச் சிதையாது. இக்கம்பியின் விட்டம் சுமார் 0·1 மி.மீ. இருக்கும். இக்கம்பியுடன் பாஸ்வர வண்கலத்தாலான ஒரு கம்பி 'அ' இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

இக்கம்பியுடன் ஒரு மெல்லிய பட்டுநூல் 'ஆ' என்னும் கப்பி (pulley) வழியே செல்லுமாறு அமைக்கப்பட்டு வில்லுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கிறது. கப்பியின் மையத்திலுள்ள கதிரில் ஒரு மெல்லிய குறிமுள்ளும் அலுமினியத்தகடும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. தகட்டின் விளிம்பு நிலைக்காந்தத்தின் காற்றிடை வெளியில் சுழன்று ஒடுக்கல் உண்டாக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்த அமைப்புப் படம் 2·16-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

சுடுகம்பி விரிவடையும்பொழுது அக்கம்பியிலும் மற்றும் கம்பி 'அ' விலும் ஏற்படும் தொய்வு (sag) வில்லினால் ஏற்றுக்கொள்ளப் படும்பொழுது பட்டு நூல் கம்பியைச் சுழலச் செய்து குறிமுள்ளை விலகச் செய்கிறது. இக்கருவியின் அடிப்பாகம் சுடுகம்பியைப் போலவே மின்தடை வெப்பநிலை எண் உடைய ஒரு பொருளால் செய்யப்பட்டிருக்கவேண்டும். அப்பொழுதுதான் கருவிக்கு வெளியே நிகழும் வெப்பநிலை மாறுதல் விலக்கத்தைப் பாதிக்காது. அப்படியே பாதித்தாலும் சுடுகம்பி சிறிய எடை யுடையதாய் இருப்பதால் வெப்பநிலை மாறுதல் சீக்கிரம் ஏற்படுவ தால் பிழை ஏற்படக்கூடும். ஒரு நிலையான வெப்பநிலை அடையும் பொருட்டு வெப்பக்கம்பி மிக மெல்லியதாகச் செய்யப்பட்டிருக்கும். அதே சமயம் தேவையான வலிவுள்ளதாகவும் இருக்கும்.

2·17. விரிவைப் பெரிதாக்கல்

சுடுகம்பி கருவிகளில் விரிவடையும் கம்பி மிகச்சிறியதாய் இருப்பதால் விரிவைப் பெரிதுபடுத்தும் (magnifying the expansion) உபாயம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. படம் 2·17 காண்க. படத்தில்



படம் 2·17
சுடுகம்பி கருவிகளில் தொய்வு பெரிதாக்கல்

காட்டப்பட்டுள்ள AB என்னும் வெப்பக் கம்பியின் நீளம் 'L'. நிலையான வெப்ப நிலையில் அதன் விரிவு dL நீட்சி (tension) கம்பியின் மையத்தில் தாக்குவதாகக் கொள்வோம்.

$$\text{தொய்வு } S = \sqrt{\left(\frac{L+dL}{2}\right)^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{L+dL+L}{2} \times \frac{L+dL-L}{2}}$$

$$= \sqrt{\frac{2L+dL}{2} \times \frac{dL}{2}}$$

$$= \sqrt{\frac{2LdL+dL^2}{4}}$$

Lஐ ஒப்பிடுகையில் dL மிகக்குறைவு. ஆகவே dL^2 புறக் கணிக்கத் தக்கது.

$$\therefore S = \sqrt{\frac{LdL}{2}}$$

சுடுகம்பியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள கம்பியின் (படம் 2·16 அ) தொய்வைப் பயன்படுத்தி மேற்கொண்டு பெரிதுபடுத்தப்படுகிறது. படம் 2·17-ல் காட்டியுள்ளபடி இக்கம்பியின் நீளம் 'L_1' என வை. அது அதன் மையத்தில் இழுபடுகிறது என்றும் அதில் ஏற்படும் தொய்வு S_1 என்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.

$$S_1^2 = \left(\frac{L_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{L_1-S}{2}\right)^2 = \frac{2L_1S-S^2}{4}$$

L_1Sஐ ஒப்பிடுகையில் S^2 மிகச் சிறியது. ஆகவே,

$$\therefore S_1 \doteqdot \sqrt{\frac{L_1S}{2}}$$

$$\text{ஆனால் } S \doteqdot \sqrt{\frac{LdL}{2}}$$

$$\therefore S_1 \doteqdot \sqrt{\frac{L_1}{2}\sqrt{\frac{LdL}{2}}}$$

$$\doteqdot \sqrt{\frac{L_1}{2}} \times \sqrt[4]{\frac{LdL}{2}}$$

அதாவது $S_1 \propto \sqrt[4]{dL} \propto \sqrt{\text{மின்னோட்டம்}}$.

மேற்கண்ட அறிமுறை மின்னோட்டம் பாயுமுன் கம்பிகளில் தொய்வு இல்லையென்றும் கம்பிகள் மையத்தில் இழுபடுகின்றன

என்றும் தற்கொள்கிறது (assumes). நடைமுறையில் அது சரியில்லாத தால் அளவீடு கீழ்முனையில் மிக நெருக்கமாக இருக்கும்.

2·18. சுடுகம்பி கருவிகளின் அனுகூலங்கள்

1. இவற்றை நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரங்களிலும் பயன் படுத்தலாம்.

2. இவை அலைவடிவம் மற்றும் அலைவெண்களின் சார்பில் லாமல் அளக்கின்றன.

3. வெளிக் காந்தப் புலன்களைப் பாதிப்பதில்லை.

சுடுகம்பி கருவிகளின் பிரதிகூலங்கள்

1. கம்பி சூடாக நேரமாவதால் இவை தாமதமுள்ளவையாக (sluggish) இருக்கும்.

2. அளவீடுகள் சீரானவை அல்ல.

3. சுடுகம்பிக்கும் கருவியின் அடிக்கும் இடையேயுள்ள வெப்பநிலை வித்தியாசத்தால் பூச்சிய நிலை அடிக்கடி சரி செய்யப் பட வேண்டியிருக்கிறது.

4. திட்ட அமைப்பிற்கு மேற்பட்ட மின்னோட்டம் தாங்காது.

5. எளிதில் உடையக் கூடியது.

6. மிக அதிகத் திறன் உபயோகிக்கப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு 2·12

ஒரு சுடுகம்பிக் கருவியின் செயல்படும் கருவியின் நீளம் 15 செ.மீ. அது 15×10^{-6} நீள் விரிவுக்கெழு (coefficient of linear expansion) உடைய ஒரு பொருளால் செய்யப்பட்டது. வெப்ப நிலை 90°C. தொய்வு மையத்தில் ஏற்படுகிறது. விரிவு விகிதத்தைக் கீழ்க்கண்டவற்றிற்குக் கண்டுபிடி.

(அ) தொடக்கத் தொய்வு இல்லாதபோது

(ஆ) தொடக்கத் தொய்வு 0·1 செ.மீ. ஆக உள்ளபோது

(அ) கம்பியின் நீளம் = 15 செ.மீ.

வெப்பநிலை 85°C ஆன போது $= 15\,(1+15\times10^{-6}\times90)$

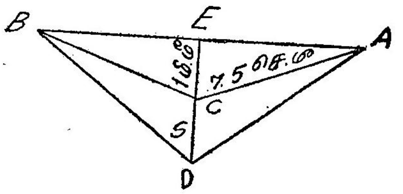
= 15·02 செ.மீ.

நீள அதிகரிப்பு = 15·02 − 15 = 0·02 செ.மீ

விரிவு விகிதம் $= \sqrt{\dfrac{L}{2\,dL}}$

$= \sqrt{\dfrac{15}{0{\cdot}04}} = \underline{19{\cdot}36}$

(ஆ) தொடக்கத் தொய்வு 1 மி.மீ ஆக இருக்கும்பொழுது படம் 2·18-ல் ACB நிலையில் இருக்கிறது. வெப்ப நிலை உயர்ந்த பொழுது புதிய நிலை ADB ஆகிறது. $\triangle ADE$ செங்கோண முக்கோணம்.



படம் 2·18

$$(S+0{\cdot}1)^2 = \left(\frac{L+dL}{2}\right)^2 - AE^2$$

ஆனால் $AE^2 = AC^2 - EC^2$

$$= \left(\frac{L}{2}\right)^2 - 0{\cdot}1^2 = \frac{L^2}{4} - 0{\cdot}1^2$$

$$\therefore (S+0{\cdot}1)^2 = \frac{L^2}{4} + \frac{(dL)^2}{4} + \frac{L{\cdot}dL}{2} - \left[\frac{L^2}{4} - 0{\cdot}1^2\right]$$

$$= \frac{L^2}{4} + \left(\frac{dL}{4}\right)^2 + \frac{L{\cdot}dL}{2} - \frac{L^2}{4} + 0{\cdot}01$$

$$\doteqdot \frac{L{\cdot}dL}{2} + 0{\cdot}01$$

$$= \frac{15\times0{\cdot}02}{2} + 0{\cdot}01 = 0{\cdot}16$$

$$S+0{\cdot}1 = 0{\cdot}4$$

$S = 0{\cdot}3$ செ.மீ.

விரிவு விகிதம் $= \dfrac{0{\cdot}3}{0{\cdot}02} = 15$

எடுத்துக்காட்டு 2·13

ஒரு இயங்கு சுருள் மின்னோட்டமானி, ஒரு சுடு கம்பி மின்னோட்டமானி மற்றும் 115 ஓம்கள் மின்தடை ஆகியவை ஒரு திருத்தியுடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டு, சைன் வடிவ 230 வோல்ட் மின்னழுத்தத்திற்கு எதிராக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. திருத்தி மின்னோட்டத்தின் ஒரு திசையில் 115 ஓம்களும் மின்தடை உடையதாக இருந்தால் கீழ்க்கண்டவைகளைக் கண்டுபிடி.

(அ) இரு மின்னோட்டமானிகளின் காட்சிப்பதிவு.

(ஆ) கொடுவாயிலிருந்து பெறப்பட்ட திறன்.

(இ) திருத்தியில் உபயோகிக்கப்பட்ட திறன்.

(அ) ஒரு திசையில் மின்னோட்டம் $= \frac{230}{115+115} = 1$ ஆ.

எதிர்த்திசையில் மின்னோட்டம் $= \frac{230}{115+575} = \frac{1}{3}$ ஆ.

சுடு கம்பி மின்னோட்டமானி :

சுழற்றுமை $\propto I^2$

$\therefore$ காட்சிப்பதிவு $= \sqrt{\frac{(1)^2+(\frac{1}{3})^2}{2}} = 0{\cdot}745$ ஆ.

இயங்கு சுருள் மின்னோட்டமானி :

சுழற்றுமை $T \propto I$

இது சராசரி மின்னோட்டத்தையே காட்டுகிறது.

சராசரி மின்னோட்டம் $= \frac{\text{பயன் மதிப்பு}}{1{\cdot}11}$

$$\therefore \text{காட்சிப்பதிவு} = \frac{\frac{1}{1{\cdot}11} - \frac{\frac{1}{3}}{1{\cdot}11}}{2}$$

$= 0{\cdot}3$ ஆ.

(ஆ) முதல் அரைப்பகுதி அலையில் திறன்,

$= V \times I = 230 \times 1 = 230$ வா.

இரண்டாவது அரைப்பகுதியில் திறன்

$= 230 \times \frac{1}{3} = 77$ வா.

$\therefore$ கொடுவாய் திறன் $= \frac{230+77}{2} = 153{\cdot}5$ வாட்டுகள்.

(இ) திருத்தியில் முதல் அரைப்பகுதி அலையில் திறனிழப்பு

$= I^2 R = (1)^2 \times 115 = 115$ வா.

இரண்டாவது அரைப்பகுதியில் அலையில் திறனிழப்பு,

$(\frac{1}{3})^2 \times 575 = 64$ வா.

திருத்தியில் மொத்தத் திறனிழப்பு $= \frac{115+64}{2}$

$= 89{\cdot}5$ வா.

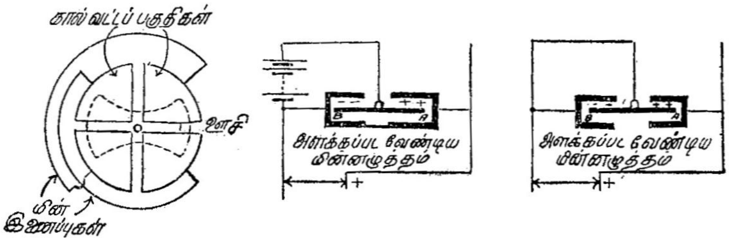
2·19. நிலைமின் கருவிகள்

முன்பே கூறியுள்ளபடி இவ்வகைக் கருவிகள் பெரும்பாலும் மின்னழுத்த மானிகளே. இவற்றில் இரு வகை உண்டு.

(அ) கால்வட்ட வகை (quadrant type)

(ஆ) கவர்ச்சித்தட்டு வகை (attracted disc type)

2·20. கால் வட்ட வகை நிலைமின் கருவிகள்



(அ) (ஆ) (இ)

படம் 2·19

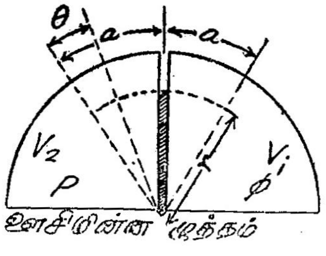
கால் வட்டப் பகுதி மின் அளவிகள்

இதன் தத்துவம் படம் 2·19-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. நான்கு இரட்டை கால்வட்டப் பகுதிகள் படத்தில் காட்டியுள்ளபடி வட்டப் பெட்டி வடிவத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. கால் வட்டப் பகுதிகளுக்கிடையே குறுகிய காற்றிடை வெளி இருக்கிறது. இப் பெட்டிக்குள் ஓர் மெல்லிய உலோக ஊசி பாஸ்வர வெண்கலத்தாலான இழையில் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கிறது. ஊசிக்கும் கால் வட்டப் பகுதிக்கும் மின் இணைப்பு இரு வகையில் செய்யப்படும். ஒரு வகையில் படம் 'ஆ' வில் காட்டியுள்ளபடி, ஊசி அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தத்தின் எதிர் மின்முனை (negative terminal) இணைக்கப்பட்டுள்ள காற்பகுதிகளின் மின்னழுத்தத்தை விட அதிகமாக இருக்குமாறு ஓர் உயர்ந்த அழுத்த மின்கல அடுக்கி (high tension battery) கொண்டு மின்னேற்றம் செய்யப்படுகிறது. படத்தில் காட்டிய முனைவுகள் (polarities) இருந்தால் ஊசியின் 'அ' முனை அதற்கு அருகில் உள்ள நிலையான கால்வட்டப் பகுதியால் எதிர்த்துத் தள்ளப்படுகிறது. ஊசியின் 'ஆ' முனை, அதற்கு அருகில் உள்ள நிலையான கால்வட்டப் பகுதியால் கவரப் படுகிறது. ஆகவே ஊசி சுழலத் தொடங்குகிறது. மற்றொரு வகையில் படம் 'இ' யில் காட்டியுள்ளபடி ஊசி ஒரு சோடி கால் வட்டப் பகுதியுடன் நேராக இணைக்கப்படும். தங்களுக்கு அருகில்

உள்ள கால்வட்டப் பகுதிகளால் ஊசியின் முனை 'அ' கவரப் படுகிறது. முனை 'ஆ' எதிர்த்துத் தள்ளப்படுகிறது. ஆகவே சுழற்சி ஏற்படுகிறது.

அறிமுறை

இக்கருவிகளின் அறிமுறையை விளக்க ஊசியின் அரைப் பகுதியை எடுத்துக் கொண்டால் போதும். படம் 2·20-ல் ஊசி ஆரம் 'r' உள்ள வட்டக் கோணப் பகுதியாகக் காட்டப் பட்டுள்ளது. படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ள இரு அரைப் பகுதிகளும் இரு மின்தேக்கியை (condensors) ஒத்திருக்கின்றன. ஒவ்வொரு மின்தேக்கியும் இரட்டை கால் வட்டப் பகுதியின் மேல் கீழ் தட்டுகளும் ஊசியின் ஒரு பகுதியும் ஆகும். ஊசி நகரும்பொழுது இம் மின் தேக்கிகளில் ஒன்றின் மின் தேக்குதிறன் அதிகரிக்க மற்றொன்றின் மின் தேக்குத்திறன் குறைகிறது. ஊசியின் பகுதி அதிகமாக உள்ள மின் தேக்கியின் மின் தேக்குத்திறன் அதிகமாக இருக்கும்.



படம் 2·20

ஊசியின் மின்னழுத்தம் — V

கால்வட்டப்பகுதி அ, ஆ இவற்றின்

மின்னழுத்தம் முறையே V_2, V_1

$V > V_2 > V_1$ என்று வைத்துக்கொள்வோம்

பூச்சிய நிலையிலிருந்து ஊசி $\theta°$ விலகியிருக்கும்பொழுது இடது மற்றும் வலது மின் தேக்கிகளின் மின்தேக்குத்திறன் முறையே C_1, C_2 என்றால்,

வலது மின் தேக்கியில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றல் $= \frac{1}{2} C_1^2 (V-V_1)^2$

இடது ,, ,, ,, $= \frac{1}{2} C_2 (V-V_2)^2$

மொத்தச் சேமிக்கப்பட்டுள்ள ஆற்றல்,

$$= \frac{1}{2} [C_1 (V-V_1)^2 + C_2 (V-V_2)^2]$$
$$= W.$$

ஊசி இந்த நிலையில் இருக்கும் பொழுது சுழற்றுமை T_θ எனவும், ஊசியில் கழிநுண் (infinitesimal) விலக்கம் $d\theta$ ஏற்படுகிறது என்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.

இச் செயலுக்குத் தேவையான ஆற்றல் $= T_\theta \, d\theta$

சேமிப்பு ஆற்றலில் குறைவு $= dW$

$$\therefore T_\theta \, d\theta = dW$$

$$T_\theta = \frac{dW}{d\theta}$$

$$= \frac{d}{d\theta} \left[\tfrac{1}{2} C_1 (V-V_1)^2 + \tfrac{1}{2} C_2 (V-V_2)^2 \right]$$

$$= \frac{(V-V_1)^2}{2} \frac{dC_1}{d\theta} + \frac{(V-V_2)^2}{2} \frac{dC_2}{d\theta}$$

கால் வட்டப் பகுதியின் தட்டுகளிலிருந்து ஊசியின் நீளம் 'd'. ஊசியின் வட்டக்கோணப்பகுதி வடிவத்தின் மையக்கோணம் 2α என்றால்,

$$C_1 = \frac{2\left[\frac{1}{2} r^2 (\alpha+\theta)\right]}{d} = \frac{r^2(\alpha+\theta)}{d}$$

$$C_2 = \frac{2\left[\frac{1}{2} r^2 (\alpha-\theta)\right]}{d} = \frac{r^2(\alpha-\theta)}{d}$$

$$\frac{dC_1}{d\theta} = \frac{r^2}{d} ; \quad \frac{dC_2}{d\theta} = \frac{r^2}{d}$$

$$\therefore T_\theta = \frac{(V-V_1)^2}{2} \frac{r^2}{d} - \frac{(V-V_2)^2}{2} \cdot \frac{r^2}{d}$$

$$= \frac{r^2}{2d} \left[(V-V_1)^2 - (V-V_2)^2 \right]$$

$$= \frac{r^2}{2d} \left[(V_2-V_1)\, 2V - (V_1+V_2) \right]$$

$2V$, (V_1+V_2) விட அதிகமாக இருந்தால்தான் T_θ நேர்க்கணிய மாக (positive quantity) இருக்கும்.

படம் 2·19 'இ' யில் காட்டியுள்ள வகைக் கருவியில் ஊசியும் ஒரு கால்வட்டப் பகுதியும் இணைக்கப்பட்டிருப்பதால் $V = V^2$. ஆகவே,

$$T_\theta = -\frac{r^2}{d} (V_2-V_1)^2$$

$$= -\frac{r^2}{d} V^2$$

இதில் 'V' அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தம்.

சுழற்றுமை எதிர் (negative) ஆக இருக்கிறது. ஆகவே ஊசி இடஞ்சுழியாக (anticlockwise) சுழலும்.

மேற்கூறிய இருவகை மின் இணைப்புகளில் படம் 2·19 'இ' யில் காட்டப்பட்டுள்ளது மட்டுமே மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படுத்தப் படும். ஏனெனில், இவ்வகையில் மட்டுமே சுழற்றுமை மின் னழுத்தத்தின் வர்க்கத்தின் விகிதச் சமத்தில் இருக்கிறது.

2·21. கவர்ச்சித்தட்டுவகை நிலை மின் கருவிகள்

இரண்டு இணை கடத்தித் தட்டுகள் 'd' மீடர்கள் இடைவெளி யுடன் இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம்.

இரு தட்டுகளிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு	V
தட்டுகளின் பரப்பு	A ச.மீ.
இடைவெளியின் மின் கடத்தாப் பொருள் (dielectric constant) மாறிலி	K
புல அடர்த்தி	F
விசை	P நியூ.மீ.

$$F=\frac{V}{d}$$

$$P=\frac{AKF^2}{2}=\frac{AKV^2}{2d^2}$$

ஆகவே மின்னழுத்த வேறுபாடு $V=d\sqrt{\frac{2P}{AK}}$

இடைவெளியில் உள்ளது காற்றானால்,

$$V=d\sqrt{\frac{2P}{A}} \text{ வோல்ட்கள்.}$$

ஆகவே இணைத்தட்டுகளின் கவர்ச்சி மின்னழுத்தத்தை அளக்கப் பயன்படுகிறது.

2·22. நிலைமின் கருவியின் அனுகூலங்கள்

1. பிழையே இல்லாமல் செயல்படுமாறு அவைகளை உற்பத்தி செய்ய முடியும்.
2. நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரத்திலும் இவை சரியான அளவைக் காண்பிக்கின்றன.
3. இவற்றில் இரும்பு உபயோகப்படுத்தப்படவில்லையாதலால் தயக்க மற்றும் சுழல் ஓட்டத் திறனிழப்புகளும் வெப்பநிலைப் பிழைகளும் கிடையா.

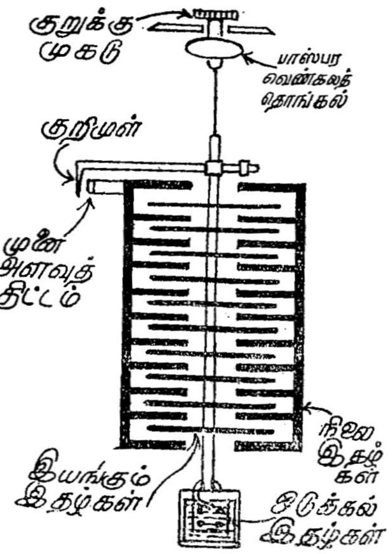
4. திறனிழப்பு மிகக் குறைவு.
5. வெளிக் காந்தப் புலன்களால் அவை பாதிக்கப்படுவதில்லை.
6. அலைவெண் 1000 கிலோ அலைவுகள் வரை பயன்படுத்தலாம்.

நிலைமின் கருவிகளின் பிரதிகூலங்கள்

1. குறைந்த மின்னழுத்தமுடைய மின்னழுத்த மானிகள் உராய்வுப் பிழைக்கு ஏதுவாகின்றன.
2. அளவீடுகள் சீரானவை அல்ல.
3. விலை அதிகமானவை.
4. வெளி நிலைமின் புலன்களிடமிருந்து காக்கப்பட வேண்டும்.

2·23. நிலைமின் மின்னழுத்த மானிகளின் ஏனைய வடிவங்கள்

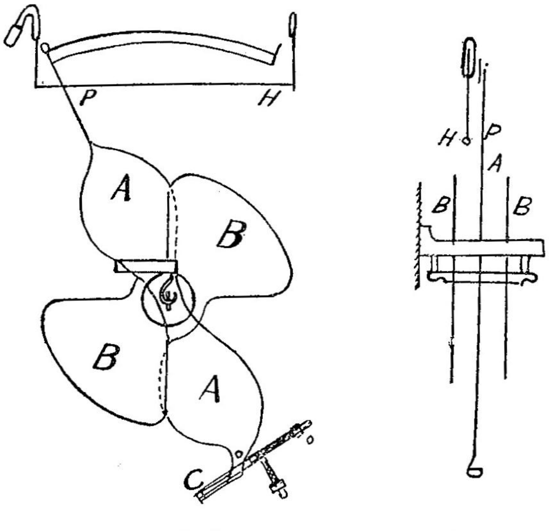
கெல்வின் பல அறை மின்னழுத்தமானி (Kelvin multicellular voltmeter) படம் 2·21-ல் காண்க. இதில் பல கால்வட்டப் பகுதி மின்னழுத்தமானியே. இவை பொதுவாக 100 முதல் 1000 வோல்ட் வரை உள்ள மின்னழுத்தங்களுக்குப் பொருத்தமானவை. இயங்கமைப்புத் தொங்கவிடப்படுவதால் தாங்கி உராய்வு (bearing friction) தவிர்க்கப்படுகிறது. இக்கருவியை இடம்விட்டு இடம் நகர்த்த ஒரு பற்றி (clamp) உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. பூச்சியநிலை சரி செய்வதற்காக ஒரு முறுக்கு முகடு (torsion head) பயன்படுத்தப் படுகிறது. நகரும் ஊசி நிலையான கால்வட்டப் பகுதிகளுடன் இணைந்து குறுக்குச் சுற்று (short circuit) ஏற்படுத்தாமல் இருக்க குறிமுள்ளுக்கு மேலே ஒரே பாதுகாப்புத் தடுப்பு (படத்தில் காட்டப்படவில்லை) இருக்கிறது.



படம் 2·21
கெல்வின் பல அறை மின்னழுத்தமானி

கெல்வின் நிலைமின் மின்னழுத்தமானி என்பது மேற்கண்ட தத்துவத்திலேயே வேலை செய்யும் வேறொரு வடிவம். ஆனால், இதில்

ஓர் ஊசி மட்டுமே உண்டு. 1000 முதல் 10,000 வோல்ட்கள் வரையில் மின்னழுத்தத்தை அளக்கலாம். ஊசி மிக மெல்லிய அலுமினியத்தால் செய்யப்பட்டிருக்கும். கூரான முனைகளால் தாங்கப் பட்டிருக்கும் கதிரில் இவ்வூசி இணைக்கப்பட்டிருக்கும். கருவியின் ஒரு மின்முனை (terminal) ஊசியுடனும், மற்றொரு முனை இணையான



(அ) (ஆ)

படம் 2·22

நிலைமின் மின்னழுத்த மானியின் பாகங்கள்

நிலையான இருதட்டுகளுடனும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். படம் 2·22-ல் காட்டியுள்ளபடி ஒரு குறிமுள் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். படத்தில் கவர்ச்சி கட்டுப்படுத்தல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. ஊசியின் அடியில் சிறு எடைகள் சேர்ப்பது மூலம் கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை அதிகரித்துக் கருவியின் நெடுக்கத்தையும் அதிகரிக்கமுடியும். கருவியின் முகப்பில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் ஒரு கண்ணாடியுடன் ஒரு தகரம் ஒட்டப்பட்டிருக்கும். இத்தகரம் கண்ணாடியில் சேரும் நிலைமின் மின்னேற்றம் (electrostatic charge) கருவி காட்டும் அளவு களைப் பாதிக்காமல் நில இணைப்பு (earth) மூலம் மின்னேற்ற இறக்கம் (discharge) செய்துவிடும்.

எடுத்துக்காட்டு 2·14

ஒரு நிலைமின்கருவி படம் 2·19 'இ' யில் காட்டியுள்ளபடி உபயோகிக்கும்பொழுது 60 வோல்ட் மின்னழுத்தத்திற்கு 25

பிரிவுகள் விலக்கம் காட்டியது. படம் 2·19 ‘ ஆ ’ வில் காட்டி யுள்ளபடி இணைக்கப்படும்பொழுது 900 வோல்ட் கொடுவாயில் இணைத்து 10 பிரிவு விலக்கம் ஏற்படுத்த கால்வட்டப்பகுதிகளுக்கு அளிக்கவேண்டிய மின்னழுத்தம் என்ன ?

படம் 2·19 ‘ இ ’ யில் காட்டியுள்ள இணைப்பிற்கு

$$T \propto (V_2 - V_1)^2$$

ஆனால் $T \propto \theta$

$$\therefore \quad \theta \propto (V_2 - V_1)^2$$

$$\therefore \quad \theta \propto (60)^2$$

படம் 2·19 ‘ ஆ ’ வில் காட்டியுள்ள இணைப்பிற்கு

$$T \propto \{(V - V_1)^2 - (V - V_2)^2\}$$

$$T \propto \theta$$

$$\therefore \quad \theta \propto \{(V - V_1)^2 - (V - V_2)^2\}$$

$$V - V_1 = 900 + V$$

$$V - V_2 = 900$$

$$\therefore \quad 10 \propto \{(900 + V)^2 - 900^2\}$$

$$\propto 1800\,V + V^2$$

$$\frac{10}{25} = \frac{1800V + V^2}{(60)^2}$$

$$25V^2 + 25 \times 1800V - 10 \times 60^2 = 0$$

$$V^2 + 1800V - 1440 = 0$$

$V = 0{\cdot}8$ வோல்ட்

2·24. தூண்டல் கருவிகள்

முன்பே கூறியபடி இக்கருவிகள் மாறுமின்சாரத்தில் மட்டும் பயன்படுத்தக்கூடும். இக்கருவிகளில் அளக்கப்படவேண்டிய மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தம் ஒரு பாயத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தத்தைப் பொருத்திருக்கிற வேறொரு பாயம் ஓர் உலோகத்தகட்டில் சுழல் ஓட்டத்தை ஏற்படுத்துகிறது. இந்தச் சுழல் ஓட்டத்திற்கும், முதலில் கூறிய பாயத்திற்கும் ஏற்படும் எதிர்வினை (reaction) இக்கருவிகளில் சுழற்றுமையை ஏற்படுத்துகிறது. சுழல் ஓட்டத்தின் எண் மதிப்பு அதைத் தூண்டும் பாயத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் இருப்பதாலும், சுழற்றுமை எந்த ஒரு கணத்திலும் அளக்கப்படவேண்டிய மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கிறது. ஆகவே சராசரி

சுழற்றுமை சராசரி வர்க்க மதிப்பிற்கு (mean square value) விகிதச் சமத்தில் இருக்கும்.

சுழற்றுமை உண்டாக்கும் பாயம்,

$\Phi = \Phi_m$ சைன் θ

இதில் Φ_m என்பது பாயத்தின் உச்சமதிப்பு.

இப்பாயத்துடன் எதிர்வினை செய்யும் சுழல் ஓட்டம் 'i' இதிலிருந்து கோணம் 'α' பின்தங்கியிருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம்.

$\therefore \quad i = I_m$ சைன் $(\theta - \alpha)$

கணச்சுழற்றுமை, கண மின்னோட்டம் மற்றும் கணமின்னழுத்தம் இவற்றின் பெருக்கத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் இருப்பதால்

கணச்சுழற்றுமை $\quad Ti \propto \Phi\, i$

$\therefore$ சராசரிச் சுழற்றுமை

$$T_m \propto \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \phi_m I_m \text{ சைன் } \theta \text{ சைன் } (\theta - \alpha)\, d\theta$$

$$\propto \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \phi_m I_m \frac{\text{கொசைன் } \alpha - \text{கொசைன் } (2\theta - \alpha)}{2} d\theta$$

$$\propto \frac{\phi_m I_m}{2\pi} \int_0^{\pi} [\text{கொசைன் } \alpha - \text{கொசைன் } (2\theta - \alpha)] d\theta$$

$$\propto \frac{\phi_m I_m}{2\pi} \left[\theta \text{ கொசைன் } \alpha - \frac{\text{சைன் } (2\theta -)\alpha}{2} \right]_0^{\pi}$$

$$\propto \frac{\Phi_m I_m}{2\pi} (\pi \text{ கொசைன் } \alpha)$$

$$\propto \frac{\Phi_m}{\sqrt{2}} \quad \frac{I_m}{\sqrt{2}} \text{ கொசைன் } \alpha$$

$$\propto \Phi\, I \text{ கொசைன் } \alpha$$

இதில் Φ, I இவை பயன்மதிப்பு ஆகும்.

கோணம் α, 90 பாகையானால் சுழற்றுமை பூச்சியமாகிறது. α வின் மதிப்பு 90 பாகைக்கு அருகில் இருக்கும்பொழுது சுழற்றுமை

மிகக் குறைந்த அளவே இருக்கிறது. ஆகவே போதுமான அளவு சுழற்றுமை உண்டாவதற்கு 90 பாகைகளைவிட மிகக்குறைந்தோ, மிகக்கூடியோ இருக்கவேண்டும். அதாவது தூண்டப்படும் சுழல் ஓட்டம் அது எதிர்வினை செய்யும் பாயத்திலிருந்து 90 பாகைக்கும் மிகமிக அதிகமாகவோ அல்லது மிகமிகக் குறைந்தோ நிலைவிலகி (out of phase) இருக்கவேண்டும்.

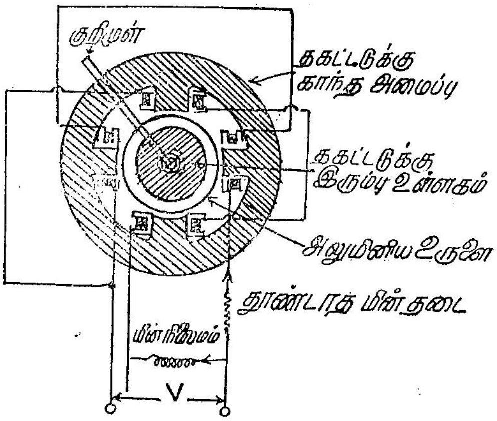
பொதுவாக இது இருமுறைகளில் செய்யப்படும் மின்காந்தத்தின் சுருணைகளை (windings) இருபகுதிகளாகப் பிரித்து ஒன்று தூண்டாத (non inductive) பகுதியாகவும் மற்றொன்று பெரும் மின் நிலைமம் உடையதாகவும் அமைப்பது ஒருமுறை. மற்றொரு முறையில் மின் காந்தத்தின் முனையைச் சுற்றி ஒரு தாமிரப்பட்டை சுற்றப்பட்டிருக்கிறது. இது பாயத்தின் நிலையைப் பிரிக்கிறது. இவ்விரு முறைகள் இருவகைத் தூண்டல் கருவிகளுக்குக் காரணமாகின்றன. அவை யாவன,

(அ) பெராரீஸ் வகை (Ferraris type).

(ஆ) மறைக்கப்பட்ட முனைவகை (shaded pole type).

2·25 பெராரீஸ் வகை தூண்டல் கருவிகள்

இவ்வகைக் கருவிகள் தூண்டு மின்னோடி (induction motor)



படம் 2·23

பெராரீஸ் வகை தூண்டல் கருவி

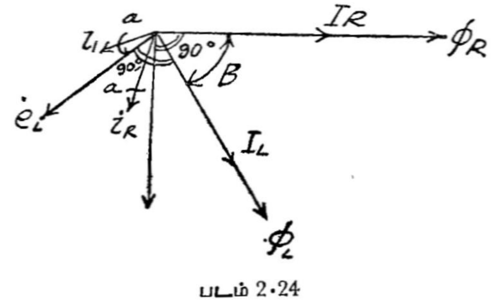
போலவே வேலை செய்கின்றன. படம் 2·23 காண்க. தகட்டடுக்கு (laminated) காந்த அமைப்பின் மேல் சுற்றப்பட்டுள்ள இரு சோடி சுற்றுகள் ஒரு சுழலும் புலன் (rotating field) ஏற்படுத்துகின்றன.

இந்த இரு கோடுகளும் ஒரே மூலத்துடன் இணைக்கப்படுகின்றன. ஆனால், ஒரு சோடியுடன் தொடர்ச்சியாக ஒரு மின் நிலையமும், மற்றொரு சோடியுடன் ஒரு பெரும் மின் தடையும் இரு சுருள்களுக்கு இடையே சுமார் 90° நிலை வேறுபாடு (phase difference) ஏற்படுமாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இந்தச் சுழலும் புலன் அலுமினிய உருளையில் ஒரு மின்னோட்டத்தைத் தூண்டி உருளையைத் தன்னுடைய திசையில் சுழலச் செய்கிறது. உருளை சுழலுமாறு இருந்தால், தூண்டல் மின்னோடி போல் சுழலும் புலனுக்குச் சற்றுக் குறைந்த வேகத்தில் சுழலும். ஒரு கட்டுப்படுத்தும் வில் சுழற்சியைத் தடுத்தால் உருளை விலக்கும் சுழற்றுமை கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமைக்குச் சமமாக ஆகும் நிலை வரும்படி சுழலும். இந்நிலை 360°க்குள் இருக்கும்.

இயங்கமைப்பும், உருளையும் ஒரு கதிருடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இக்கதிர் தாங்கிகளுக்கு இடையே பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றது. உருளைக்குள் ஓர் உருளை வடிவ இரும்புத் தகட்டடுக்கு உள்ளகம் (laminated iron core) உள்ளது. இந்த உள்ளகம் உருளையின் வழியே செல்லும் காந்தப் புலனை வலிமை யூட்டுகிறது. கதிரில் ஓர் அலுமினிய ஒடுக்கல் இதழும் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இவ்விதழின் விளிம்பு இரு நிலை காந்தங்களுக்கு இடையேயுள்ள காற்றிடை வெளியில் நகருகிறது.

அறிமுறை

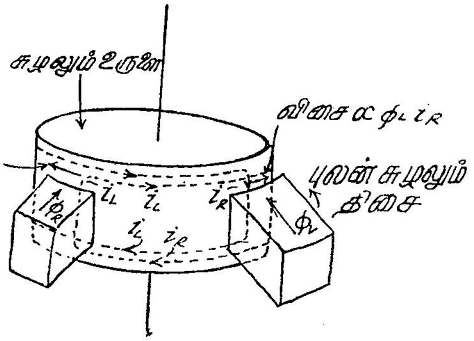
இக்கருவியின் நேரிய வரிப்பு (Vector diagram) படம் 2·24ல்



படம் 2·24

காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்தில் I_R மற்றும் I_L இவை முறையே தூண்டாத மற்றும் தூண்டல் மின் சுற்றுகளின் மின்னோட்டத்தைக் குறிக்கின்றன. இம் மின்னோட்டங்கள் உண்டாக்குகிற பாயங்கள் அவைகளுடன் ஒரே நிலையில் (in phase) உள்ளன. இவை முறையே நேரியங்கள் ϕ_R, ϕ_L இவைகளால் குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த மின்னோட்டங்களிடையே உள்ள நிலைக்கோணம் (phase angle) β எனக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கோணம் மிக அதிகமாக

இருக்கும். ஆனால், தூண்டாத மின் சுற்றுகளின் மின் நிலைமம் காரணமாகவும், தூண்டல் மின்சுற்றுகளின் மின் தடை காரணமாக வும் இந்தக் கோணம் 90° ஆக இருக்க முடியாது. இரு பாயங்களும் e_R, e_L என்ற இரு மின் இயக்கு விசைகளைச் சுழலி உருளையில் (rotor drum) தூண்டுகின்றன. இவை அப்பாயங்களைவிட 90° பின்தங்கி இருக்கின்றன. மேலும் இவை i_R, i_L என்னும் இரு சுழல் ஓட்டங்களைத் தூண்டுகின்றன. சுழல் ஓட்டப்பாதையின் மின் நிலைமம் காரணமாக இச்சுழல் ஓட்டங்கள் அவைகளைத் தூண்டும் மின் இயக்கு விசைகளைவிட α° பின் தங்கி இருக்கின்றன.



படம் 2·25

தூண்டல் மின் கருவியின் தத்துவம்

சுழற்றுமை உண்டாகும் விதம் படம் 2·25-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இரு சுழற்றுமைகள் உண்டாகின்றன. ஒன்று ϕ_L, i_R இவைகளின் பெருக்கத்திற்கு விகிதச் சமத்திலும், சுழலும் புலன் சுழல்கின்ற திசையிலும் இருக்கும். மற்றொன்று ϕ_R, i_L இவைகளின் பெருக்கத்திற்கு விகிதச் சமத்திலும் சுழலும் புலனிற்கு எதிர்த் திசையிலும் ஆகவே முதலில் கூறிய சுழற்றுமைக்கு எதிர்த்திசையிலும் இருக்கும். இந்தப் படத்தில் மின்னோட்டத்தின் திசைக் குறிகள் ϕ_R மற்றும் ϕ_L குறைந்து கொண்டிருக்கின்றன என்றும் அவை தூண்டும் சுழல் மின்னோட்டங்கள் அவை குறையாமல் இருக்குமாறு ஓடுகின்றன என்றும் வைத்துக்கொண்டு போடப்பட்டுள்ள உருளையில் செயல்படும் விசைகளின் திசைகள் இடது கை விதி (left hand rule) பயன்படுத்திக் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன.

இரு சுழற்றுமைகளும் எதிர்த்திசையில் உள்ளனவாதலால் தொகுபயன் சுழற்றுமை (resultant torque) $\phi_L \times i_R$, $\phi_R \times i_L$ இவைகளால் ஏற்படும் சுழற்றுமைகளின் வேறுபாடு ஆகும்.

ஆகவே சராசரி சுழற்றுமை

$T_m = K\{\phi_L i_R$ கொசைன் $(90+\alpha-\beta)-$
$\phi_R i_L$ கொசைன் $(90+\alpha+\beta)\}$

இக் கோவையில் K ஒரு மாறிலி

$(90+\alpha-\beta)-\phi_L$, i_R இவைகளுக்கு இடையே உள்ள நிலை கோணம்

$(90+\alpha-\beta)-\phi_R$, i_L இவைகளுக்கு இடையே உள்ள நிலை கோணம்

$T_m = K\{-\phi_L i_R$ சைன் $(\alpha-\beta)+\phi_R i_L$ சைன் $(\alpha+\beta)\}$
$= K\{\phi_R i_L$ சைன் $(\alpha+\beta)-\phi_L i_R$ சைன் $(\alpha-\beta)\}$

ஆனால்,

$$e_R \propto f\cdot\phi_R\ ;\ e_L \propto f\cdot\phi_L$$

$$i_R = \frac{e_R}{Z}\ ;\ i_L = \frac{e_L}{Z}$$

இவைகளில் f-அலைவெண் ; Z-சுழல் ஓட்டப்பாதையின் மின் எதிர்ப்பு,

ஆகவே $T_m = \frac{K^1\phi_R\phi_L f}{Z}$ [சைன் $(\alpha+\beta)-$ சைன் $(\alpha-\beta)$]

$= \frac{2K^1\phi_R\phi_L f}{2}$ [கொசைன் $\alpha\cdot$சைன் β]

ϕ_L,ϕ_R இரண்டும் I_R,I_L இவைகளின் விகிதச் சமத்தில் இருப்பதால்

$$T_m = \frac{K I_R I_L f}{Z}\ \text{கொசைன்}\ \alpha\cdot\text{சைன்}\ \beta$$

I_R, I_L இவையிரண்டும் மின்னோட்ட மானியில் அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னோட்டம் Iக்கு விகிதச் சமத்தில் இருப்பதால்

$$T_m = \frac{K^1 I^2 f}{Z}\ \text{கொசைன்}\ \alpha\cdot\text{சைன்}\ \beta$$

I என்பது பயன் மதிப்பு ஆதலால் சுழற்றுமை அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னோட்டத்தின் சராசரி வர்க்க மதிப்பின் விகிதச் சமத்தில் உள்ளது.

சுழற்றுமையின் கோவையிலிருந்து அதன் எண் மதிப்பு I_R, I_L இவைகளுக்கு இடையே உள்ள கோணத்தின் நெடுக்கையைப் (sine) பொறுத்து இருப்பதால் இக்கோணம் அதிகமாக இருக்க வேண்டும் என்பதைக் கவனிக்க.

2·26. அலைவெண் மற்றும் வெப்பநிலைப் பிழைகளுக்கு ஈடு செய்தல்

சுழற்றுமைக்கான கோவையிலிருந்து, அது அலைவெண், அலைவெண்ணைப் பொறுத்து இருக்கிற கொசைன் $\propto$ மற்றும் I_L ஆகியவைகளின் விகிதச் சமத்தில் உள்ளது. ஆகவே அலைவெண்ணில் ஏற்படும் மாறுதல் பிழைகளை ஏற்படுத்தும். மின்னோட்டமானிகளில் மின்னழுத்தமானிகளைவிட இப்பிழை அதிகமாக உள்ளது. மின்னோட்டமானிகளுடன் தூண்டாத மின்தடையை இணைத்தடமாக அமைப்பதன் மூலம் இப்பிழை குறைக்கப்படும். அலைவெண் உயரும்பொழுது கருவியின் மின்மறுப்பு அதிகரிக்கிறது. இணைத்தட மின்தடை மாறிலியாக இருப்பதால் கருவியின் மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் குறைந்து இணைத்தட மின்னோட்டம் அதிகரித்து அலைவெண் உயர்வால் ஏற்படும் சுழற்றுமை உயர்வைத் தடுக்கும்.

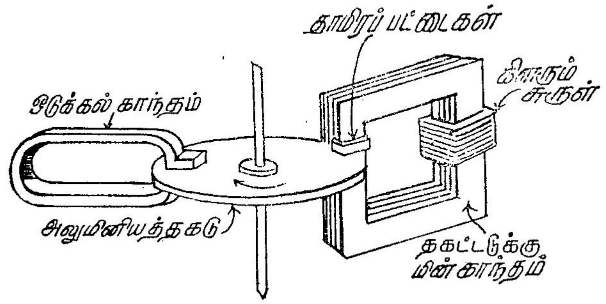
மின்னழுத்த மானிகளில் அலைவெண் உயரும்பொழுது தூண்டல் மின்சுற்றின் மின்மறுப்பு அதிகரித்துச் சுருளின் மின்னோட்டத்தைக் குறைத்துச் சுழற்றுமை மாறுதல் தவிர்க்கப்படுகிறது.

சுழலியில் சுழல் ஓட்டப்பாதையின் மின்தடை வெப்பநிலையைப் பொறுத்து இருப்பதால் தூண்டல் கருவிகளில் வெப்பநிலைப் பிழைகள் ஏற்படக்கூடும். மின்னோட்டமானிகளில், சுழலி செய்யப்பட்டுள்ள பொருள்களைவிட அதிக மின் தடை வெப்பநிலை எண் உள்ள பொருளால் ஆன இணைத்தடம் ஒன்றைக் கருவிக்கு இணையாக இணைப்பதன் மூலம் இப்பிழை ஈடு செய்யப்படுகிறது. இந்த இணைத்தடம் அலைவெண் பிழைகளை ஈடுசெய்வதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் இணைத்தடமாகவே இருக்கலாம். வெப்பநிலை உயரும்பொழுது மின்தடை அதிகரிக்கிறது. ஆனால், அதேசமயம் இணைத்தடத்தின் மின்தடை அதிகமாக அதிகரிக்காததால், கருவியில் செல்லும் மின்னோட்டம் அதிகரித்துச் சுழற்றுமையில் ஏற்படக்கூடிய மாறுதல் தவிர்க்கப்படுகிறது. மின்னழுத்தமானிகளில் கருவிகளின் தொடர்ச்சியாக ஓர் இணைத்தடமும், மற்றோர் உயர்ந்த மின்தடையும் பயன்படுத்தி வெப்பநிலைப் பிழை ஈடு செய்யப்படுகிறது.

2·27. மறைக்கப்பட்ட முனைவகை

இவ்வகைக் கருவியின் தத்துவம் படம் 2·26-ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு மெல்லிய அலுமினியத் தகடு மணித்தாங்கலுடன் (jewelled bearings) கதிரில் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. கதிருடன் ஒரு கட்டுப்படுத்தும் வில், ஒரு குறிமுள் ஆகியவைகளும் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. தகட்டின் விளிம்பு ஒரு தகட்டுக்கு (laminated) மின்காந்தத்தின் காற்றிடை வெளியில் நகருகிறது. மின்காந்தம் அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தத்திற்கு விகிதச்

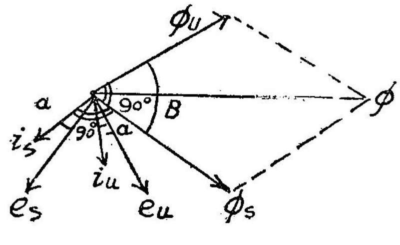
சமத்தில் உள்ள மின்னோட்டம் இவற்ருல் ஆற்றல் அளிக்கப்படுகிறது (energised). மின்காந்தத்திற்கு எதிர்ப் புறத்தில் ஓர் ஒடுக்கல் காந்தம் (damping magnet) வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதனுல் ஒரே தட்டு



படம் 2·26

மறைக்கப்பட்ட முனைவகைத் தூண்டல் கருவியின் தத்துவம்.

விலக்கும் மற்றும் ஒடுக்கல் விசைகளை ஏற்படுத்துகிறது. மின் காந்தத்தின் முனைகள் இரு பாதியாகப் பிரிக்கப்பட்டு ஒரு பாதியைச் சுற்றி மெல்லிய தாமிரப்பட்டை சுற்றப்பட்டிருக்கிறது. இந்த இரு பட்டைகளிலும் மின் காந்தத்தில் செல்லும் மாறுபாயம் (alternating flux) மின்னோட்டத்தைத் தூண்டுகிறது. இந்த மின்னோட்டங்கள் ஏற்படுத்தும் காந்தப் புலன்கள் தாமிரப்பட்டையினுல் சுற்றப் பட்டுள்ள பகுதிகளில் உள்ள பாயத்தை மற்றப் பகுதிகளில் உள்ள பாயத்தை விடச் சுமார் 40 அல்லது 50 பாகைகள் பின் தங்கச் செய்கின்றன. இவ்வாறு சுழற்றுமை உண்டாக்குவதற்கான நிலை வேறுபாடு ஏற்படுத்தப்படுகிறது.



படம் 2·27

அறிமுறை

இக் கருவியின் வேலை செய்யும் தத்துவத்தை விளக்கப் படம் 2·27-ல் அதன் நேரிய வரிப்புக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது

தாமிரப் பட்டையால் மறைக்கப்பட்ட பகுதியில் பாயம் — ϕ_s

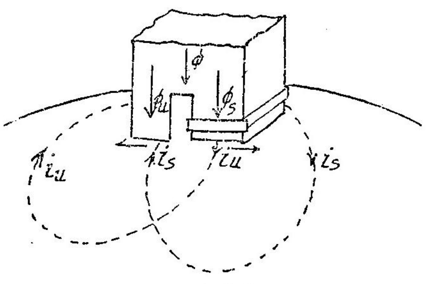
மற்றப் பகுதிகளில் பாயம் — ϕ_u

இவ்விரண்டின் தொகுபயன் பாயம் — Φ

முன்பே கூறியபடி மறைக்கப்பட்ட பகுதியில் தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம் ϕ_s ஐ ஏற்படுத்தி, ϕ_uக்கு நிலையில் பின் தங்குமாறு

செய்கிறது. தொகுபயன் பாயம் இவ்விரண்டு பாயங்களின் நேரியக் கூட்டுத்தொகை ஆகும்.

இரண்டு பாயங்களும் e_u, e_s எனும் இரு மின்னழுத்தங்களைத் தகட்டில் தூண்டுகின்றன. இவ்விரண்டு மின்னழுத்தங்களும் அவற்றைத் தூண்டும் பாயங்களை விட நிலையில் (in phase) 90° பின்தங்கியிருக்கின்றன. இந்த மின்னழுத்தங்கள் i_u i_s என்னும் இருமின்னோட்டங்களைத் தூண்டுகின்றன. இம் மின்னோட்டங்கள் அவற்றைத் தூண்டும் மின்னழுத்தங்களைவிட α° பின் தங்கி இருக்கின்றன.



படம் 2·28

படம் 2·28 லிருந்து விலக்கும் சுழற்றுமைக்கு இரு கூறுகள் (components) உள்ளன என்பதைத் தெரிந்து கொள்ளலாம். ஒரு கூறு ϕ_s, i_u உடன் எதிர்விணை செய்வதால் ஏற்படுவது. மற்றொன்று ϕ_u, i_s உடன் எதிர்விணை செய்வதால் ஏற்படுவது. இவ்விறு கூறுகளும் ஒன்றையொன்று எதிர்க்கின்றன. ஆகவே தொகுபயன் சுழற்றுமை இவற்றின் வேறுபாடு ஆகும்.

சராசரிச் சுழற்றுமை

$$T = K \{ \phi_s \, i_u \text{ கொசைன் } [90-(\beta-\alpha)] - \phi_u \, i_s \text{ கொசைன் } [90+(\beta+\alpha)] \}$$

இதில் K ஒரு மாறிலி.

$90-(\beta-\alpha) \rightarrow \phi_s$, i_u இவற்றிற்கு இடையே உள்ள கோணம்

$90+(\beta+\alpha) \rightarrow \phi_{u_1}$ i_s இவற்றிற்கு இடையே உள்ள கோணம்

$$\therefore \; T = K [\phi_s i_u \text{ சைன் } (\beta-\alpha) + \phi_u i_s \text{ சைன் } (\beta+\alpha)]$$

ஆனால் $e_s \propto \phi_s f$

$e_u \propto \phi_u f$

இவற்றில் f — அலைவெண்.

Z என்பது சுழல் ஓட்டப்பாதையின் மின்மறுப்பானால்

$$i_r \propto \frac{\Phi_s f}{Z} \quad ; \quad i_u \propto \frac{\phi_u f}{Z}$$

$$\therefore T = \frac{k^1 \phi_s \phi_u}{Z} \left\{ \text{சைன்} \ (\beta - \alpha) + \text{சைன்} \ (\beta + \alpha) \right\}$$

இதில் k^1 ஒரு மாறிலி.

$$T = \frac{k^1 \phi_s \phi_u f}{Z} \left\{ \begin{array}{l} \text{சைன்} \ \beta \ \text{கொசைன்} \ \alpha - \text{கொசைன்} \ \beta \ \text{சைன்} \ \alpha \\ + \text{சைன்} \ \beta \ \text{கொசைன்} \ \alpha + \text{கொசைன்} \ \beta \ \text{சைன்} \ \alpha \end{array} \right\}$$

$$\frac{2 K^1 \phi_s \phi_u f}{Z} \ \text{கொசைன்} \ \alpha \ \text{சைன்} \ \beta$$

ϕ_s மற்றும் ϕ_u இரண்டிலும் காந்தச்சுருளின் மின்னேட்டம் Iக்கு விகிதச் சமத்தில் இருந்தால்,

$$T \propto \frac{I^2 f}{Z} \ \text{கொசைன்} \ \alpha \ \text{சைன்} \ \beta$$

சுழற்றுமை சைன் β வுக்கு விகிதச் சமத்தில் இருப்பதால் சுழற்றுமை அதிகமாக இருக்க β இயன்றளவு பெரியதாய் இருக்க வேண்டும்.

ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவெண்ணிற்கு,

$$T \propto I^2$$

$$\therefore \ T = KI^2 \qquad (k \text{ ஒரு நிலையெண்})$$

வில் கட்டுப் படுத்தலானல்,

$$T \propto \theta$$

$$T = K^1 \theta \qquad (K^1 \text{ ஒரு நிலையெண்})$$

நிலையான விலக்கத்திற்கு,

$$T_C = T_D$$

$$K^1 \theta = K I^2$$

$$\theta \propto I^2$$

ஆகவே, அளவுக்குறிகள் ஒரே சீராக இல்லாமல் தொடக்கத்தில் நெருக்கமாக இருக்கும். சில கருவிகளில் அளவுக்குறிகள் ஓரளவு சீராக இருக்கும்பொருட்டுத் தட்டு வட்டமாக இல்லாமல் முனைப்புச் சக்கர (cam) வடிவில் இருக்கும்.

அலைவெண் மாறுதல் சுழற்றுமையை நேராகவும், சைன் β, கொசைன் α மற்றும் Z மூலமாகவும் பாதிக்கின்றது. அலைவெண் மாறுதலால் ஏற்படும் பிழைகளுக்கும் வெப்பநிலை பிழைகளுக்கும் பெராரீஸ் வகைக் கருவிகளுக்கு ஈடு செய்வது போலவே செய்யப் படுகின்றது.

2·28. தூண்டல் கருவிகளின் அனுகூலங்கள்

1. முழு அளவு விலக்கம் சுமார் 200° வரை கிடைக்கக்கூடும்.
2. ஒடுக்கல் மிகவும் சிறந்த முறையில் அமைகிறது.
3. வெளிப் புலன்கள் பாதிப்பதில்லை.

தூண்டல் கருவிகளின் பிரதிகூலங்கள்

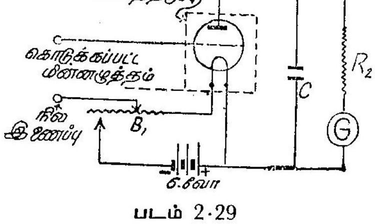
1. திறன் உபயோகம் அதிகம்.
2. விலை அதிகம்.
3. மாறு மின்சாரத்தில் மட்டுமே பயன்படுத்தக் கூடியது.
4. அலைவெண் மற்றும் வெப்பநிலை மாறுதல் பிழைகளை ஏற்படுத்தக்கூடும்.

2·29. மற்றவகைக் கருவிகள்

இதுவரை கண்ட கருவிகளைத்தவிர வேறுசில வகைத் தத்துவங்களில் வேலை செய்யும் கருவிகளும் உள. அவற்றில் குறிப்பாக மின்னணு மின்னழுத்தமானியையும் (thermionic voltmeter), திருத்திக் கருவிகளையும் (rectifier instruments) பின்வரும் பகுதிகளில் பார்ப்போம்.

2·30. மௌலின் வெப்ப மின்னணு மின்னழுத்தமானி

மௌலின் (Moullin) திட்ட அமைப்புச் செய்த வெப்ப மின்னணு மின்னழுத்தமானி படம் 2·29-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது குறைந்த மாறு மின்னழுத்தங்களை அளக்க மிகவும் உகந்தது. இதில் ஒரு மூன்று மின்வாய் (three electrodes) ஓரதர் (valve), ஓர் ஒற்றைச் சுழற்சித் தான கால்வனிமானி (Galvanometer) உடன் பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளது. அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தம் ஓரதரின் வலையில் (Grid) இணைக்கப்பட்டுக் கிடைக்கப்பெற்ற திருத்திய (rectified) நேர் மின்வாய் (anode) மின்னோட்டம் கால்வனிமானியைச் செயல்படுத்துகிறது.



படம் 2·29

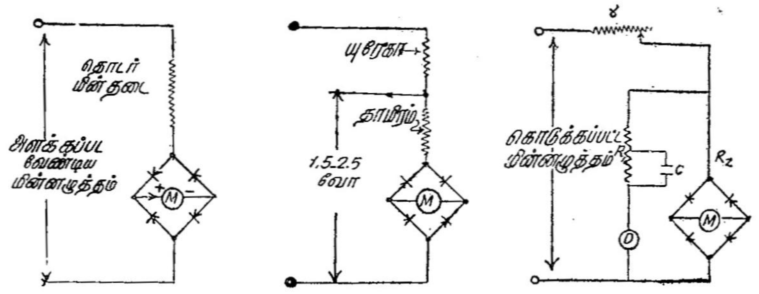
மௌலின் வெப்ப மின்னணு மின்னழுத்தமானி

. கருவி பயன்படுத்தப்படுமுன் மின்தடை ‘அ’ வின் உதவியால் குறிமுள் பூச்சியநிலைக்குக் கொண்டு வரப்பட வேண்டும். இக்

கருவியைப் பயன்படுத்த மிகக் குறைந்த அளவு திறனே தேவைப் படுகிறது. அலைவெண் மாறுதலால் பிழை ஏற்படுவதில்லை. மின்னழுத்தத்தின் அலைவடிவம் (wave form) மாறுதலால் பிழைகள் ஏற்படக் கூடும். ஆனால், இவை மிகக்குறைந்த அளவே இருக்கும்.

2·31. திருத்திக் கருவிகள்

சிறு மாறு மின்னோட்டம் மற்றும் மாறு மின்னழுத்தங்களை அளக்க இயங்குசுருள் கருவிகளுடன் (moving coil instruments) தாமிர-ஆக்சைடு திருத்திகள் (copper-oxide rectifiers) பயன்படுத்தப் படும். இவ்வகைக் கருவிகளுக்குள் ஒரு நிலைக்காந்த இயங்கும் சுருள் கருவியும், ஒரு முழு அலை (full wave) தாமிர-ஆக்சைடு திருத்தியும் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இவற்றின் இணைப்புமுறை படம் 2·30 'அ' வில் காட்டப்பட்டுள்ளது. மாறு மின்சார அலைவடிவத்தின் இரு



(அ) (ஆ) (இ)

படம் 2·30

திருத்திக் கருவி வகைகள்

பாதி மின்னோட்டங்களும் பாயும்பொழுது இயங்கும் சுருள் கருவி 'க' வில் காட்டப்பட்டுள்ள திசையில் மின்னோட்டம் செல்லுகிறது. ஆகவே அக்கருவியில் விலக்கம், அதில் பாயும் மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்பின் விகிதச் சமத்தில் இருக்கும். மின்னோட்டத்தின் அலை வடிவம், சைன் வடிவம் (sinusoidal) என்று வைத்துக்கொண்டு கருவியின் அளவுத்திட்டம், அளக்கப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் 1·11 மடங்கு எனக் குறித்துப் பயன் மதிப்பை(R M S Value) காட்டச் செய்யப்படும். ஆகவே இக்கருவி காட்டும் அளவுகள் அலைவடிவப் பிழைகள் கொண்டதாக இருக்கும்.

இக்கருவிகளில் பயன்படுத்தப்படும் தாமிர ஆக்சைடு திருத்திகள் 1, 5, 10 மில்லி ஆம்பியர் என்ற மூன்று அறுதியீடு (rating) உடைய மூன்று வகையாக இருக்கும். இவற்றின் மின்தடை மின்னோட்

டத்தின் முன்னேக்கு (forward) திசையில் கூட நிலையாக இராது; பாயும் மின்னேட்டத்தைப் பொறுத்தே இருக்கும். எதிர்த்திசையில் மின்தடை ஒரு 10 மி. ஆ. திருத்திக்கு 20,000 ஓம்களுக்கு மேல் 80,000 ஓம்களுக்குள்ளும், ஒரு மி.ஆ. திருத்திக்கு 300,000 ஓம்களுக்கு மேல், 600,000 ஓம்களுக்குள்ளும் இருக்கும். முன்னேக்குத் திசையில் திருத்தியின் மின் தடையை வரையறுக்க (define) இயலாது. ஆயினும் 10 மி.ஆ. திருத்திக்குத் திருத்தப்பட்ட மின்னேட்டம் 6 மி.ஆ. வாக இருக்கையில் 300 முதல் 500 ஓம்களுக்குள்ளும் இருக்கும் என்று சொல்லலாம். ஆகவே, முன்னேக்கு மின்னேட்டத்தை ஒப்பிடுகையில் பின்னேக்கு மின்னேட்டம் தவிர்க்கத் தக்கதாகும்.

வெப்பநிலைப் பிழைகளை ஈடு செய்வதற்குத் தாமிர மற்றும் யுரேகா (Eureka) ஆகிய இரு உலோகங்கள் படம் 2·30 'ஆ' வில் காட்டியுள்ளபடி தொடர் மின்தடைக்கு உபயோகப்படுத்தலாம். தாமிர மின்தடை தாமிரம் மற்றும் திருத்தி இவைகளில் உள்ள மின்னழுத்தச் சரிவு (voltage drop) 1·5 அல்லது 2·5 வோல்ட் இருக்குமாறு செய்யப்படும். யுரேகா மின்தடை தேவையான மின்தடை கிடைக்குமாறு எடுத்துக் கொள்ளப்படும். திருத்தி, எதிர் மின்தடை வெப்பநிலை எண் (negative temperature coefficient of resistance) உடையதாக இருக்கிறது. இதைத் தாமிரத்தின் நேர் மின்தடை வெப்பநிலை எண் ஈடுசெய்கிறது.

இக்கருவிகளில் அலைவெண் பிழையும் ஏற்படுகின்றது. சாதாரண அலைவடிவங்களில் 20 முதல் 4000 அலைவெண்கள் வரை முழு அளவுத்திட்டத்திற்கு 2 சதவிகிதத் துல்லியம் இருக்கும். மேற்கொண்டு ஒவ்வொரு 1000 அலைவெண்களுக்கும் துல்லியம் 0·5 சதவிகிதம் என்ற கணக்கில் குறைகிறது. ஆயினும் மிகக் கவனமாகச் செய்யப்பட்டால், 50 முதல் 10,000 அலைவெண்கள் வரை துல்லியம் 1 சதவிகிதத்திற்குள் இருக்கும். 100,000 அலைவெண்கள் வரை 5 முதல் 8 சதவிகிதத்திற்குள் இருக்கும்.

இக்கருவிகள், சரியான அலைவடிவ மில்லாத குறைந்த மாறு மின்னேட்டங்களை அளக்க மிகவும் பொருத்தமானவை. ஆகவே தொலைபேசி போன்ற வேலைகளில் மிகவும் பயன்படுகின்றன. பொதுவாக இவற்றின் நெடுக்கம் கீழ்க்கண்டவாறு இருக்கும்.

மில்லி மின்னழுத்தமானிகள் : 0—0·5 மி.ஆ. முதல்
0—10 மி.ஆ. வரை

மின்னழுத்தமானிகள் : 0—1 முதல் 0—300 வோல்ட் வரை.

பயிற்சி 2

1. ஓர் இயங்கிரும்புக் கருவி, 24 மீ. ஆம்பியர் பாயும்பொழுது முழு விலக்கம் காட்டுகிறது. அப்பொழுது அதன் மின்னழுத்தம் 72 மீ. வோல்ட். அதை 600 வோல்ட் மின்னழுத்த மானியாக மாற்றத் தேவையான தொடர் மின் தடை என்ன? திறனிழப்பு எவ்வளவு?

2. ஓர் இயங்கிரும்பு மின்னழுத்த மானியின் மின்தடை 500Ω. மின் நிலைமம் 1·0 ஹெ. அதனுடைய தொடர் மின்தடை 2000 Ω. நேர் மின்னழுத்தத்தில் சரியாகக் காட்டுகிறது. 250 வோல்ட்; 50 அலைவு மின்னழுத்தத்துடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் பொழுது அதன் காட்சிப்பதிவு என்ன? 50 அலைவுகளில் அதைச் சரியாகக் காட்டச்செய்வதற்குத் தொடர் மின்தடையுடன் இணையாக இணைக்க வேண்டிய மின்தேக்கு திறன் என்ன?

3. ஒரு மெல்லிரும்பு மின்னழுத்தமானியின் நெடுக்கம் 120 வோல்ட். அதன் மின் நிலைமம் 0·5 ஹெ; மொத்த மின்தடை 2400 ஓம்கள். அது 60 அலைவுகளில் சரியாகக் காட்டுகிறது. அதன் நெடுக்கத்தை 600 வோல்ட் ஆக்குவதற்குத் தேவையான தொடர் மின்தடை என்ன?

4. ஓர் இயங்கிரும்பு மின்னோட்டமானியின் மின் நிலைமம், மின்னோட்டம் மற்றும் விலக்கம் ஆகியவைகளுக்கு இடையே உள்ள தொடர்பு பின் வருமாறு.

மின்னோட்டம் (ஆ):	1·2	1·4	1·6	1·8
விலக்கம் (பாகைகள்):	36·5	49·5	61·5	74·5
மின் நிலைமம் (μஹெ):	575·2	576·6	577·8	578·8

மின்னோட்டம் 1·5 ஆம்பியர் ஆக இருக்கும்பொழுது விலக்கும் கழற்றுமை என்ன?

5. ஓர் இயங்கிரும்பு மின்னோட்டமானியின் மின் நிலைமம் $(8+4\theta-\frac{1}{2}\theta^2)\ \mu$ ஹெ. இதில் θ என்பது மானியின் விலக்கம் ஆரையன்கள், கட்டுப்படுத்தும் வில்லின் சுழற்றுமை 12×10^{-6} நியூ-மீ/ஆரையன். 1, 2, 3, 4 மற்றும் 5 ஆம்பியர் மின்னோட்டங்களுக்கு விலக்கத்தைக் கண்டுபிடி.

6. 150-வோல்ட் இயங்கிரும்பு மின்னழுத்தமானியின் தாமிரச்சுருளின் மின்தடை 15°Cயில் 400 ஓம்கள்; மின்நிலைமம் 0·75ஹெ. முழு விலக்கத்திற்கான மின்னோட்டம் 0·05ஆ.

15°Cயில் தாமிரம் மற்றும் யுரேகாவின் வெப்பநிலை மின்தடை எண்கள் முறையே 0·004, 0·00001.

(அ) கருவி நேர் மின்சாரத்தில் அளவீடு செய்யப்பட்டிருந்தால், 150 வோல்ட் 100 அலைவுகளில் அதன் காட்சிப்பதிவு என்ன?

(ஆ) வெப்பநிலை 1 பாகை உயர்விற்கு மின்தடையின் சதவிகித உயர்வு என்ன?

7. ஓர் இயங்கு சுருள் மின்னழுத்தமானி 100 சுற்றுகளும், 9.6 Ω மின்தடையும் உடையது. சுருளின் நீளம் 3 செ.மீ. அகலம் 2 செ.மீ. 50 மில்லி வோல்ட் மின்னழுத்தம் முழு விலக்கத்தையும், 0·15 வெபர் /ச மீ. பாய அடர்த்தியையும் ஏற்படுத்துகிறது. கட்டுப்படுத்தும் வில்லிற்குத் தேவையான சுழற்றுமை என்ன?

8. ஓர் இயங்கு சுருள் மின்னழுத்தமானி, 45 மி. வோல்ட் மின்னழுத்தத்தில் முழுவிலக்கம் ஏற்படுத்துகிறது. அதன் மின்தடை 10 Ω. சுருள் 100 சுற்றுகளும் 3 செ.மீ. ஆழமும், 2·5 செ.மீ. அகலமும் உடையது. முழு விலக்கத்தில் வில் ஏற்படுத்தும் கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை 0·5 கி. செமீ. காற்றிடைவெளியில் ஏற்படும் பாய அடர்த்தி என்ன ?

9. ஓர் இயங்குசுருள் மின்னழுத்தமானியின் மின் தடை 10,000 Ω; சுருளின் அளவுகள் 3 செ.மீ × 3 செ.மீ சுருளின் சுற்றுகள் எண்ணிக்கை 100; காற்றிடைவெளியில் பாய அடர்த்தி 0·08 வெ/ச.மீ; வில்கட்டுப்படுத்தல், 3×10^{-6} நியூ-மீ/பாகை. 200 வோல்ட் மின்னழுத்தம் ஏற்படும் விலக்கம் என்ன ?

10. ஓர் இயங்கு சுருள் மின்னழுத்தமானியின் சுருள் தாமிரத்தால் ஆனது அதன் தொடர் மின்தடை (R) பிளாட்டினத்தால் ஆனது. வெப்பநிலை 25°C யிலிருந்து 40°C யாக உயரும்பொழுது பிழை 1·5 சதவிகிதத்திற்குள் இருக்க, தொடர் மின்தடை R க்கும் சுருள் மின்தடை r க்கும் உள்ள விகிதம் என்னவாக இருக்கவேண்டும். பிளாட்டினத்தின் மின்தடை மாறிலி என்றும் 0°Cயில் தாமிரத்தின் வெப்பநிலை மின்தடை எண் $\frac{1}{234 \cdot 5}$ என்றும் தற்கொள்க.

11. ஓர் இயங்களவி வகை 50 வோல்ட் மின்னழுத்தமானியின் மின் நிலைமம் முழு விலக்கமாகிய 90° வரையில் ஒரே சீராக உயருகிறது. அதன் தொடக்க மின் நிலைமம் 0·25 ஹெ. முழு அளவு விலக்கத்திற்கான மின்னோட்டம் 0·05 ஆம்பியர் ; சுழற்றுமை 0·4 கி. செ.மீ. (அ) 50 வோல்ட் (ஆ) 25 வோல்ட், நேர்மின்சார மற்றும் 50 அலைவு மாறுமின்சார காட்சிப்பதிவுகளுக்குள்ள வேறுபாடு என்ன ?

12. 25 ஆ இயங்களவி வகை மின்னோட்டமானியின் மின் நிலைமம் ஒரு பாகைக்கு 0·0035 M. H. என்ற கணக்கில் ஒரே சீராக அதிகரிக்கிறது. கட்டுப் படுத்தும் வில்லின் மாறிலி 10^{-6} நியு மீ/பாகை. முழுஅளவு விலக்கத்திற்கான விலக்கத்தைக் கண்டுபிடி.

13. ஓர் இயங்களவி வகை மின்னோட்டமானியின் இரு புலச்சுருள்களின் மொத்த மின்தடை 3·0 ஓம்கள் ; மொத்த மின் நிலைமம் 0·12 ஹெ. அதனுடைய இயங்கு சுருளின் மின்தடை 30 ஓம்கள் ; மின் நிலைமம் 0·003 ஹெ. அக்கருவி நேர் மின்சாரத்தில் அளவீடு செய்யப்பட்டு, 50 அலைவு மாறு மின்சாரத்தில் பயன் படுத்தபடும்பொழுது கீழ்க்கண்ட ஏற்பாடுகளுக்குக் காட்சிப்பதிவில் ஏற்படும் பிழைகளைக் கண்டுபிடி.

(அ) இயங்குசுருள் புலச்சுருள்களின் நேர் இணையாக இணைக்கப்பட்டிருக்கும் பொழுது.

(ஆ) புலச்சுருளின் தொடராக வைக்கப்பட்டுள்ள 10 Ω தூண்டாத மின் தடையுடன் இணையாக இயங்குசுருள் இணைக்கப்படும்பொழுது.

14. ஒரு 10 ஆம்பியர் சுடுகம்பி வகைக்கருவியின் செயல்படும் கம்பியின் நீளம் 12 செ.மீ. மின்னோட்டம் பாயாதபொழுது அதன் தொய்வு மையத்தில் 1 மி.மீ. 10 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது தொய்வு 4 மி.மீ. கம்பி செய்யப்பட்டுள்ள பொருளின் நீள் விரிவு எண் 20°C யில் $2 \cdot 5 \times 10^{-5}/°C$ என்றால் வெப்பநிலை உயர்வைக் கண்டுபிடி.

15. ஒரு சுடுகம்பி வகை மின்னோட்டமானியின் செயல்படும் கம்பியின் நீளம் 15 செமீ. அதன் தொய்வு மையத்தில் ஏற்படுகிறது வெப்பநிலை உயர்வு 100°C மற்றும் நீள் விரிவு எண் $19 \times 10^{-6}/°C$ என்றால், (அ) தொடக்கத் தொய்வு இல்லாத

பொழுது (ஆ) தொடக்கத் தொய்வு 1 மி.மீ. ஆக இருக்கும்பொழுது, விரிவு விகிதத்தைக் கண்டுபிடி.

16. ஓர் இயங்கு சுருள் மின்னோட்டமானி, சுடுகம்பி வகை மின்னோட்ட மானி, 100 ஓம்கள் மின்தடை ஆகியவை ஒரு திருத்தியுடன் தொடராக இணைத்து 200 வோல்ட் சைன் வடிவ மாறு மின்சாரத்திற்கெதிராக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. திருத்தியின் மின்தடை மின்னோட்டத்தின் ஒரு திசையில் 100 ஓம்கள், மற்றொரு திசையில் 500 ஓம்கள். இரு மின்னோட்டமானிகளிலும் மின்னோட்டம் என்ன? கொடுவாயிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட திறன் எவ்வளவு? திருத்தியில் திறனிழப்பு என்ன?

17. ஒரு நிலைமின் மின்னழுத்தமானியின் மின் தேக்குதிறன் அதன் காட்சிப் பதிவு பூச்சியத்திலிருந்து 2000 ஆக உயரும்பொழுது 45 லிருந்து 55 மை.பா. ஆக அதிகரிக்கிறது. ஒரு மின் தேக்கியைப் பயன்படுத்தி அதன் நெடுக்கத்தை 20,000 வோல்ட்களாக அதிகரிக்கவேண்டும். 2·5 செ மீ. இடைவெளியுடன் உள்ள அம் மின்தேக்கித் தட்டுகளின் பரப்பு என்ன? அம் மின்தேக்கியின் தட்டுகள் முழு அளவுத்திட்டம் சரியாக இருக்குமாறு சீரமைக்கப்பட்டிருந்தால் அரை அளவு விலக்கத்தில் சதவிகிதப் பிழை என்ன?

3. கருவிகளின் நெடுக்கம் விரிவாக்கல்

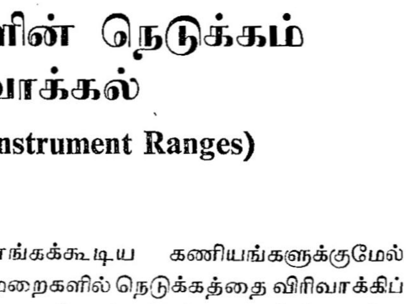
(Extension of Instrument Ranges)

3·1. விரிவாக்கும் முறைகள்

அளக்கும் கருவிகள் தாங்கக்கூடிய கணியங்களுக்குமேல் அளக்க நேரிட்டால் பின்வரும் முறைகளில் நெடுக்கத்தை விரிவாக்கிப் பயன்படுத்தலாம். மின்னோட்டமானி மற்றும் திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருள் இவைகளுடன் இணைத்தடம் (shunt) அல்லது மின்னோட்ட மின்மாற்றிகள் (current transformers) பயன்படுத்தியும், மின்னழுத்தமானி மற்றும் திறனளவியின் மின்னழுத்தச் சுருள் இவைகளுடன் பெருக்கிகள் (multipliers) அல்லது மின்னழுத்த மின்மாற்றிகள் (potential transformers) பயன்படுத்தியும் நெடுக்கத்தை விரிவாக்கலாம். இவற்றுள் மின்மாற்றிகள் மாறுமின்சாரத்தில் மட்டுமே பயன்படத்தக்கவை. நிலைமின் கருவிகளுடன் மின்தடை மற்றும் மின்தேக்கிப் பிரிப்பான்கள் (dividers) பயன்படுத்தப்படும்.

3·2. இணைத்தடங்கள்

மின்னோட்டமானிகளுக்கு இணையாக இணைத்தடங்கள் அமைப்பது மூலம் அவை தாங்கக்கூடிய மின்னோட்டத்திற்குமேல் அளக்கச் செய்யலாம்.



படம் 3·1
இணைத்தடத்துடன் மின்னோட்டமானி

படம் 3·1-ல் உள்ள குறிகள் கீழ்க்கண்டவாறு குறிப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம்.

மின்னோட்டமானியின் மின்தடை R

இணைத்தடத்தின் மின்தடை R_s

அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னோட்டம் I

மின்னோட்டமானியின் உச்சவிலக்கத்திற்குத் தேவையான மின்னோட்டம் i

இணைத்தடத்தில் மின்னோட்டம் I_s

$$\therefore \quad i = I - I_s$$

இணைத்தட மின்னழுத்தச் சரிவு = கருவியில் மின்னழுத்தச் சரிவு.

அதாவது $I_s R_s = iR$

ஆகவே $R_s = \dfrac{i}{I_s} R$

$$= \frac{i}{I-i} \times R$$

$$= \frac{1}{\left(\frac{I}{i} - 1\right)} \times R$$

அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னோட்டத்திற்கும் கருவியின் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள விகிதம் N, 'பெருக்கல் திறன்' எனப்படும்,

அதாவது $N = \dfrac{I}{i}$

ஆகவே $R_s = \dfrac{1}{N-1} \times R$

அல்லது $N = 1 + \dfrac{R}{R_s}$

மேலே உள்ளபடி பெருக்கல் திறன் கணிப்பதில் கருவி மற்றும் இணைத்தடம் இவைகளின் மின்நிலைமங்களைக் கருத்தில் கொள்ளவில்லை. ஆகவே இச்சூத்திரம் நேர்மின்சாரத்தில் மட்டுமே சரியாக இருக்கக்கூடும்.

மாறுமின்சாரத்தில் இணைத்தடம் மின்னோட்டமானியுடன் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது பெருக்கல்திறன் எல்லா அலைவெண்களிலும் ஒன்றாகவே இருக்கவேண்டும். இதற்கு இரு பாதைகளின் (கருவி மற்றும் இணைத்தடம்) மின்மறுப்பு விகிதம் மாறிலியாக

இருக்கவேண்டும். இவ்வாறிருக்க அவற்றின் நேர மாறிலி (time constant) ஒன்ருகவே இருக்கவேண்டும்.

கருவி மற்றும் இணைத்தட மின்னழுத்தச் சரிவு	v என வை.
கருவியின் மின் நிலைமம்	L
இணைத் தடத்தின் மின் நிலைமம்	L_s
மாறு மின்சார அலைவெண்	f
w	$=2\pi f$

ஆகவே $$i=\frac{v}{R+jwL}$$

$$I_s=\frac{v}{R_s+jwL_s}$$

$$I=i+I_s$$

$$N=\frac{I}{i}=\frac{i+I_s}{i}$$

$$=\frac{v\left[\frac{1}{R+jwL}+\frac{1}{R_s+jwL_s}\right]}{v\left(\frac{1}{R+jwL}\right)}$$

$$=\frac{R+R_s+jw(L+L_s)}{R_s+jwL_s}$$

$$N=\sqrt{\frac{(R+R_s)^2+w^2(L+L_s)^2}{R_s^2+w^2L_s^2}}$$

நேர மாறிலிகள் சமம் என்ருல்,

$$\frac{L}{R}=\frac{L_s}{R_s}=K$$

$$\therefore N=\sqrt{\frac{(R+R_s)^2+w^2k^2(R+R_s)^2}{R_s^2+w^2k^2R_s^2}}$$

$$=\sqrt{\frac{(R+R_s)^2}{R_s^2}}$$

$$=\frac{R+R_s}{R_s}=1+\frac{R}{R_s}$$

3·3. மின்னோட்டமானி இணைத்தடங்களுக்கு உண்டான தேவைகள்

கருவி மற்றும் இணைத்தடம் இவற்றின் மின்தடை வெப்பநிலை எண் மிகக்குறைந்தும் இயன்றவரை சமமாகவும் இருக்கவேண்டும். அப்பொழுதுதான் பெருக்கல் திறன் வெப்பநிலை சார்பற்றதாக இருக்கும்.

இணைத்தடங்களின் மின்தடை காலப்போக்கில் மாறக்கூடாது. இதைத் தவிர்க்க இணைத்தடம் செய்யப்படும்பொழுதே பதனுற்றப் படுகிறது (annealed).

இணைத்தடத்தின் வெப்பமின் விளைவு மிகவும் குறைவாக இருக்க வேண்டும்.

மின்னோட்ட மானிகளுடன் இணைத்தடங்கள் பயன்படுத்தப் படும்பொழுது, மின் இணைப்புக் கம்பிகளின் மின்தடையும், மின்னோட்டமானி மின்சுற்றின் மின்தடையுடன் சேர்த்துக் கொள்ளப்பட வேண்டும். இணைத்தடம் பயன்படுத்தக்கூடிய மின்னோட்டமானிகளுடன் தனிப்பட்ட ஒரு சோடி மின் இணைப்புகள் கொடுக்கப்படும். அவற்றையே உபயோகிப்பது சாலச்சிறந்தது.

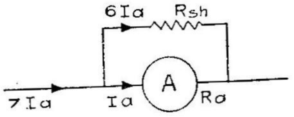
எடுத்துக்காட்டு 3·2

1500 ஓம்கள் மின்தடையுடைய ஓர் இயங்குசுருள் கருவியுடன் 250 ஓம்கள் மின்தடையுள்ள இணைத்தடம் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

(அ) பெருக்கல் திறனைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

(ஆ) பெருக்கல் திறன் (i) 10 மற்றும் (ii) 20 ஆக இருப்பதற்குத் தேவையான இணைத்தடங்களின் மின்தடையைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு



படம் 3·2

(அ) இயங்குசுருள் கருவியின் மின்தடை $= R_a = 1500$

இணைத்தட மின்தடை $= R_{sh} = 250$

இணைத்தட மின்னோட்டம் $= I_{sh}$

இணைத்தட மின்னழுத்தச் சரிவு = கருவி மின்னழுத்தச் சரிவு

$\therefore \quad I_{sh} \times R_{sh} = I_a \times R_a$

$$R_{sh} = \frac{I_a \times R_a}{I_{sh}}$$

$$= \frac{1500}{250} \times I_a = 6I_a$$

மொத்த மின்னோட்டம் $= 6I_a + I_a = 7I_a$

$\therefore$ பெருக்கல் திறன் $= \frac{7I_a}{I_a} = 7$

(ஆ) (i) பெருக்கல் திறன் $= 10$

கருவி மின்னோட்டம் I_a என வை

மொத்த மின்னோட்டம் $= 10I_a$

இணைத்தட மின்னோட்டம் $= 10I_a - I_a = 9I_a$

$$\therefore \quad R_{sh} = \frac{I_a \times 1500}{9I_a}$$

$= 166{\cdot}7$ ஓம்கள்

(ii) பெருக்கல் திறன் 20

அளக்கும் மின்னோட்டம் $= 20I_a$

இணைத்தட மின்னோட்டம் $= 20I_a - I_a = 19I_a$

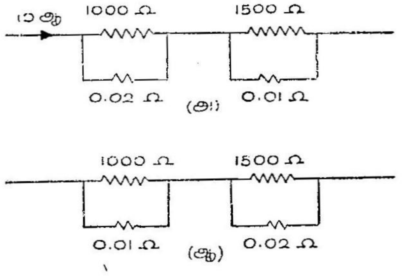
$$\therefore \quad R_{sh} = \frac{I_a \times 1500}{19I_a}$$

$= 78{\cdot}95$ ஓம்கள்

எடுத்துக்காட்டு 3·2

10 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும் ஒரு மின்சுற்றில் இரு மின்னோட்டமானிகள் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டுச் சரியாகக் காட்டுகின்றன. இரு மானிகளும் முறையே 1000 மற்றும் 1500 ஓம்கள் மின்தடையும் அவற்றின் இணைத்தடங்கள் முறையே 0·02 மற்றும் 0·01 ஓம் மின்தடையும் உடையன. இணைத்தடங்கள் மாறினுல் மானிகளின் காட்சிப்பதிவு என்ன ?

தீர்வு



படம் 3·3

முதல் வகை இணைப்புப் படம் 3·3அ வில் காண்க.

மின்னோட்டமானி Aயில் மின்னோட்டம் $= \frac{0.02}{1000} \times 10$

$= 0.2 \times 10^{-3}$ ஆ

மின்னோட்டமானி A_2 இல் மின்னோட்டம் $= \frac{0.01}{1500} \times 10$

$= 6.67 \times 10^{-5}$ ஆ

இரண்டாவது வகை இணைப்புப் படம் 3·3 ஆ வில் காண்க

மின்னோட்டமானி A யில் மின்னோட்டம் $= \frac{0.01}{1000} \times 10$

$= 1 \times 10^{-4}$ ஆ

ஆகவே, மின்னோட்டமானி A_1 காட்டும் மின்னோட்டம்

$= \frac{1 \times 10^{-4}}{0.2 \times 10^{-3}} \times 10$

$= 5$ ஆ.

மின்னோட்டமானி A_2 இல் மின்னோட்டம் $= \frac{0.02}{1500} \times 10$

$= 1.33 \times 10^{-4}$ ஆ

ஆகவே, மின்னோட்டமானி A_2 காட்டும் மின்னோட்டம்

$= \frac{1.33 \times 10^{-4}}{6.67 \times 10^{-5}} \times 10$

$= 20$ ஆ.

3·4. மின்னழுத்தமானி பெருக்கிகள்

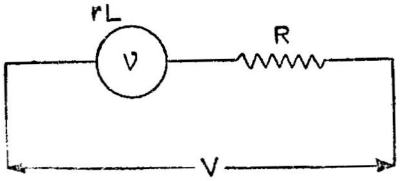
நேர் மின்சாரத்தில் மின்னழுத்தமானிகளின் நெடுக்கத்தை விரிவாக்க அதனுடன் தொடர்ச்சியாக ஒரு தூண்டாத மின்தடை இணைத்துப் பயன்படுத்தப்படும்.

மானியின் முழுவிலக்கத்திற்குத் தேவையான மின்னோட்டம் $= i$

மானியின் மின்தடை $= r$

தொடர் மின்தடை $= R$

அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தம் $= V$



படம் 3·4

படம் 3·4 காண்க.

$$i = \frac{V}{R+r}$$

$$V = i\,(R+r)$$

$$v = ir$$

$$\therefore \text{ பெருக்கல் திறன் } = \frac{V}{v} = \frac{R+r}{r} = 1+\frac{R}{r}$$

மாறு மின்னோட்டத்தில் பெருக்கிகள் பயன்படுத்தப்படும் பொழுது மின்னழுத்தமானி மற்றும் தொடர் மின்தடை இவற்றின் மொத்த மின் எதிர்ப்பு எல்லா அலைவெண்களிலும் மாறிலியாக இருக்கவேண்டும். ஆகவே தொடர் மின்தடை இயன்றளவு குறைந்த மின்நிலைமம் உள்ளதாக இருக்கவேண்டும்.

மின்னழுத்தமானியின் மின் நிலைமம் — L எனவை

அலைவெண் — f

$$v = i\,\sqrt{r^2+(2\pi f)^2L^2}$$

மொத்த மின்தடை $= r+R$

மொத்த மின்நிலைமம் $= L$

$$\text{மொத்த மின்மறுப்பு} = \sqrt{(r+R)^2+(2\pi f)^2L^2}$$

$$V = i\sqrt{(r+R)^2+(2\pi f)^2L^2}$$

$$v = i\sqrt{r+(2\pi f)^2L^2}$$

$$\frac{V}{v} = \frac{i\sqrt{(r+R)^2+(2\pi f)^2L^2}}{i\sqrt{r^2+(2\pi f)^2L^2}}$$

$$= \frac{\sqrt{(r+R)^2+(2\pi f)^2L^2}}{\sqrt{r^2+(2\pi f)^2L^2}}$$

எடுத்துக்காட்டு 3·3

50 அலைவு, 150 வோல்ட் இயங்கிருப்பு மின்னழுத்தமானி ஒன்றின் மின்தடை 3000 ஓம்கள்; மின்நிலைமம் 0·7 ஹெ. 300 வோல்ட் அளக்க பயன்படுமாறு நெடுக்கம் விரிவாக்கம் செய்ய சேர்க்க வேண்டிய தொடர் மின்தடை என்ன ?

இந்த 300 வோல்ட், 50 அலைவு கருவி நேர் மின்சாரத்தில் பயன் படுத்தப்பட்டு அதன் காட்சிப்பதிவு 300 வோல்ட் ஆக இருக்கும் பொழுது, உண்மையான மின்னழுத்தம் என்ன ?

கருவியின் மின் நிலைம மின் மறுப்பு

$= 2\pi \times 50 \times 0{\cdot}7 = 220\Omega$

கருவியின் மின் எதிர்ப்பு

$= 3000 + j\,220 = 3008\ \Omega$

300 வோல்டில் பயன்பட மின் எதிர்ப்பு இரட்டிப்பு ஆக்க வேண்டும். ஏனெனில் நெடுக்கம் இரட்டிப்பாகிறது.

$\therefore$ 300 வோல்ட் நெடுக்கத்தில் மின் எதிர்ப்பு $= 6016\ \Omega$

,, ,, மொத்த மின்தடை

$$= \sqrt{(6016)^2-(220)^2}\,\Omega = 6012\ \Omega$$

ஆகவே இணைக்கப்பட வேண்டிய தொடர் மின்தடை

$= (6012-3000)\Omega = 3012\ \Omega.$

300 வோல்ட் விலக்கம் காட்டத்தேவையான மின்னோட்டம்

$= \frac{300}{6016}$ ஆ.

ஆகவே மின்சாரத்தில் இந்தக் கருவி 300 வோல்ட் காட்டும் பொழுது பாயும் மின்னோட்டம் $\frac{300}{6016}$ ஆ.

ஆகவே உண்மையான மின்னழுத்தம் $= \frac{300}{6016} \times 6012$

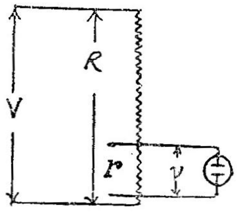
$= 299{\cdot}8$ வோல்ட்

3·5. நிலைமின் மின்னழுத்த மானிகள் நெடுக்கம் விரிவாக்கல்

இக்கருவிகளின் நெடுக்கத்தை பெருக்கிகள் (multipliers) பயன் படுத்தி விரிவாக்கலாம். பெருக்கிகள் மின் தடை மின்னழுத்தப் பிரிப்பானுகவோ (Resistance potential divider) மின்தேக்கி மின்ன ழுத்தப் பிரிப்பானுகவோ (capacitance potential divider) இருக்கக் கூடும். முன்னதை நேர் மற்றும் மாறு மின்னோட்டத்திலும் பின்னதை மாறு மின்னோட்டத்தில் மட்டும் பயன்படுத்தலாம்.

3·6. மின்தடை மின்னழுத்தப் பிரிப்பான்

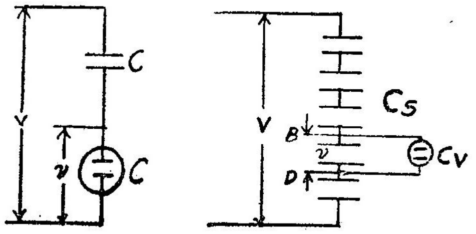
படம் 3·5 ல் காட்டப்பட்டுள்ளதைப் போல் இதில் ஒரு பெரும் (high) தூண்டாத (non inductive) மின் தடையின் ஒரு பகுதிக்கு இணையாக நிலை மின் மின்னழுத்தமானி இணைக்கப்பட்டிருக் கும். படத்தில் நிலைமின் மின்னழுத்தமானி குறிக்கப்பட்டிருப்பதை கவனிக்கவும். அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தம் 'V' மின் தடைக்கு இணையாக இணைக்கப் பட்டிருக்கிறது. மின்னழுத்தமானி மின் தடை R உடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் பாகத்தின் மின்தடை 'r' எனவும், மின் னழுத்தமானி காட்டும் அளவு 'v' எனவும் வைத்துக் கொள்வோம். மானி அளக்கப்பட வேண்டிய மின் னழுத்தத்தில் $\frac{r}{R}$ பகுதியைத்தான் காட்டுகிறது. அதாவது அளக்கப் பட வேண்டிய மின்னழுத்தம் கருவி காட்டும் மின்னழுத்தத்தைப் போல் $\frac{R}{r}$ மடங்கு. ஆகவே இப்பெருக்கி கருவியின் நெடுக்கத்தை $\frac{R}{r}$ ஆல் பெருக்குகிறது. இது நேர் மின்சாரத்தில் மட்டுமே சரி. மாறு மின்சாரத்தில் கருவியின் மின்தேக்குதிறனும் கருதப்பட வேண்டும். ஆனல் மின்தேக்குதிறன் மாறக் கூடியதாகையால் கருவியை பிரிப்பானுடன் மாறு மின்சாரத்தில் பயன் படுத்தி அளவீடு செய்து கொள்வதே சாலச் சிறந்தது.



படம் 3·5
மின்தடை மின்னழுத்தப் பிரிப்பான்

3·7. மின் தேக்கி மின்னழுத்தப் பிரிப்பான்

இப்பிரிப்பானின் படம் 3·6 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்கருவி ஒரு மின்தேக்கியுடன் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. படத்திலிருந்து,



(அ) (ஆ)

படம் 3·6

மின் தேக்கி மின்னழுத்தப் பிரிப்பான்

$$\frac{V}{v} = \frac{\text{மின்சுற்றின் மொத்த மின்மறுப்பு}}{\text{மின்னழுத்தமானியின் மின்மறுப்பு}}$$

$$\text{மின்சுற்றின் மொத்த மின்தேக்குத்திறன்} = \frac{C_V \times C}{C + C_V}$$

$$\text{மின்சுற்றின் மொத்த மின்மறுப்பு} = \frac{1}{\omega \times \dfrac{C_V\, C}{C + C_V}}$$

$$= \frac{C + C_X}{\omega\, C C_V}$$

$$\text{கருவியின் மின் மறுப்பு} = \frac{1}{\omega\, C_V}$$

$$\therefore \frac{V}{v} = \frac{C+C_V}{\omega\, C_V\, C} \times \frac{1}{\dfrac{1}{\omega\, C_V}} = \frac{C+C_V}{\omega\, C_V\, C} \times \omega\, C_V$$

$$= \frac{C + C_V}{C} = 1 + \frac{C_V}{C}$$

மாற்று வகை

இவ்வகை படம் 3·6 ஆவில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தத்திற்கு இணையாக பல மின்தேக்கிகள் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு மின்தேக்கிக்கு இணையாகக் கருவி இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இது மின்தடைப் பிரிப்பான் போலவே செயல்படும்.

கருவி இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கியின்
மின் தேக்குதிறன் $- C_1$

C, C_V இவற்றின் இணைக்கு தொடர்ச்சியாக
இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்குதிறன் $- C_S$

$$\text{இவ்வமைப்பின் மின்மறுப்பு} = \frac{C_S + C_1 + C_V}{\omega C_S (C_1 + C_V)}$$

$$\text{கருவி உள்ள இணை மின்சுற்றின் மின்மறுப்பு} = \frac{1}{\omega (C_1 + C_V)}$$

$$\text{ஆகவே பெருக்கல் திறன் } \frac{V}{v} = \frac{\dfrac{C_S + C_1 + C_V}{\omega C_S (C_1 + C_V)}}{\dfrac{1}{\omega C C_1 + C_V}}$$

$$= \frac{C_1 + C_V + C_S}{C_S}$$

$$= 1 + \frac{C_1 + C_V}{C_S}$$

எடுத்துக்காட்டு 3·4

ஒரு 2000 வோல்ட் நிலைமின் மின்னழுத்தமானி மின்தேக்கியைத் தொடர்ச்சியாக இணைத்து நெடுக்கம் விரிவாக்கப்பட்டுள்ளது. 10,000 வோல்ட்களை அளக்க இது பயன் படுத்தப்படும்பொழுது கருவியின் காட்சிப்பதிவு 100 வோல்ட்; மின்தேக்குதிறன் 70 மை.மை.பா. தொடர் மின்தேக்கியின் மின்தேக்குதிறனைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

தீர்வு

தொடர் மின்தேக்கியின் மின்தேக்குதிறன் C என வை. நிலைமின்கருவியின் மின்தேக்குதிறன் 70 மை.மை.பா.

$$\text{பெருக்கல் திறன்} = \frac{10000}{100} = 100$$

$$\therefore \quad 100 = 1 + \frac{C_V}{C}$$

$$1 + \frac{70 \times 10^{-12}}{C} = 100$$

$$\frac{70 \times 10^{-12}}{C} = 100 - 1 = 99$$

$$\therefore \quad C = \frac{70 \times 10^{-12}}{99} = 0{\cdot}7007 \times 10^{-12} \text{ பா.}$$

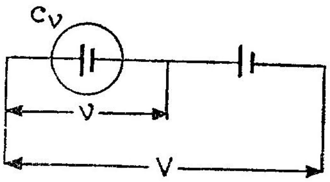
$$= 0{\cdot}7007 \text{ மை.மை.பா.}$$

எடுத்துக்காட்டு 3·5

ஒரு 2000 வோல்ட் நிலைமின் மின்னழுத்தமானியின் குறிமுள் பூச்சியத்திலிருந்து முழு அளவு விலக்கத்திற்கு மாறும் பொழுது அதன் மின்தேக்குதிறன் 45 மை.பா விலிருந்து 55 மை.பா விற்கு உயருகிறது. இக்கருவியின் நெருக்கத்தை ஒரு மின்தேக்கியை தொடராக இணைத்து 20000 வோல்ட் அளக்குமாறு விரிவாக்கம் செய்யப்படுகிறது. அம் மின்தேக்கியின் மின்தேக்குதிறனைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

முழு அளவு விலக்கத்தில் சரியாகக் காட்டுமாறு மின்தேக்கி சரி செய்யப்பட்டால் அரை அளவு விலக்கத்தில் சதவிகிதப் பிழையைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

தீர்வு



படம் 3·7

அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னழுத்தம் — V

மின்னழுத்தமானியின் காட்சிப்பதிவு — v

மின்னழுத்தமானியின் மின்தேக்குதிறன் — C_v

தொடர் மின்தேக்கியின் மின்தேக்குதிறன் — C

$$\text{பெருக்கல் திறன்} = 1 + \frac{C_v}{C}$$

$$C_v = 55 \text{ மை.மை.பா.}$$

$$10 = \frac{55}{C} + 1$$

$$\therefore \quad C = \frac{55}{9} = 6{\cdot}11 \text{ மை.மை.பா.}$$

அரை அளவு விலக்கத்தில் கருவியின் மின்தேக்குதிறன்

$$= \frac{45 + 55}{2} = 50 \text{ மை.மை.பா.}$$

$$\therefore \text{ பெருக்கல் திறன் } = 1 + \frac{50}{6{\cdot}11} = 9{\cdot}18$$

$$\text{பெருக்கல் திறனில் பிழை } = 10 - 9{\cdot}18$$

$$= 0{\cdot}82$$

$$\therefore \text{ சதவீதப் பிழை } = \frac{0{\cdot}82}{9{\cdot}18} \times 100$$

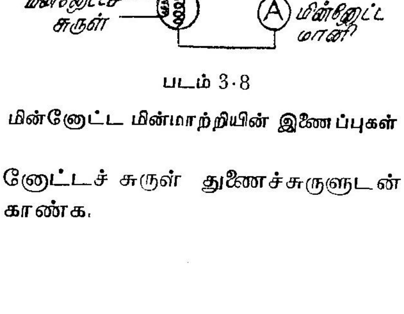
$$= 8{\cdot}92\ \% \text{ குறைவு.}$$

3·8. கருவி மின்மாற்றிகள்

மாறுமின் கருவிகளின் நெடுக்கத்தை விரிவாக்க கருவி மின் மாற்றிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவைகள் மின்னோட்ட மின்மாற்றிகளாகவோ, மின்னழுத்த மின்மாற்றிகளாகவோ இருக்கக் கூடும். முன்னவை மின்னோட்ட நெடுக்கத்தை விரிவாக்கவும், பின்னவை மின்னழுத்த நெடுக்கத்தை விரிவாக்கவும் பயன் படுகின்றன.

3·9. மின்னோட்ட மின்மாற்றிகள்

இவற்றின் முதன்மைச் சுருணை மின்னோட்டம் அளக்கப்பட வேண்டிய சுமை மின்சுற்றில் தொடராக இணைக்கப்படும். இச் சுருளின் மின்முனைகளில் மிகக்குறைந்த மின்னழுத்தச் சரிவே இருக்கும். முதன்மை மின்னோட்டம் (primary current) சார்பு மின்னோட்டத்தைச் (secondary current) சார்ந்தது அல்ல என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. மாறாக சார்பு மின்னோட்டம் முதன்மை மின்னோட்டத்தைச் சார்ந்த தாகும். மின்னோட்டமானி அல்லது திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருள் துணைச்சுருளுடன் இணைக்கப்படும். படம் 3·8-ல் காண்க.

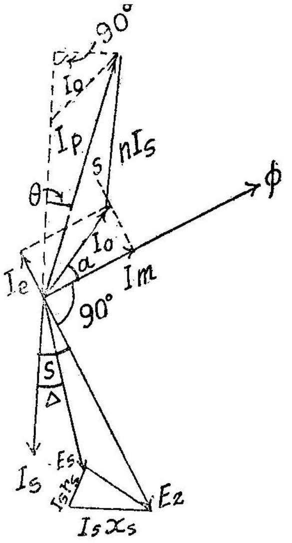


படம் 3·8

மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் இணைப்புகள்

படம் 3·9-ல் ஒரு மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் நேரிய வரிப்பு காண்க. படத்தில் I_m, I_c, I_e ஆகிய நேரியங்கள் மிகைப்படுத்தி காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன. மின்மாற்றியின் அறிமுறையை விளக்க கீழ்க்கண்ட குறியீடுகள் பயன் படுத்துவோம்.

கிளரும் மின்னோட்டம் — I_o
கிளரும் மின்னோட்டத்தின் காந்தப்படுத்து கூறு — I_m
கிளரும் மின்னோட்டத்தின் இரும் பிழப்புக்கூறு — I_e
துணைச் சுருணையின் மின்தடை — r_s
துணைச் சுருணையின் மின்மறுப்பு — x_s
தூண்டப்பட்ட சார்பு மின்னழுத்தம் — E_2
முதன்மைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை — T_V
துணைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை — T_S
துணை மின்முனைகளில் மின்னழுத்தம் — E_S
சார்பு மின்னோட்டம் — I_S
முதன்மை மின்னோட்டம் — I_p
மின்மாற்றியின் நிலைக்கோணம் — θ
மின்மாற்றியின் செயல்படும் பாயம் — Φ
சார்பு மின்னோட்டம் மற்றும் சார்பு மின்னழுத்தம் இவைகளுக்கு இடையேயுள்ள கோணம் — δ
துணைச் சுருணையின் நிலைக்கோணம் — $\triangle$
I_o மற்றும் செயல்படும் பாயம் இவற்றிற்கு இடையே உள்ள கோணம் — α



படம் 3·9
மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் நேரிய வரிப்பு

$$\text{சுற்றுகளின் விகிதம்} = n = \frac{T_S}{T_P}$$

நேரிய வரிப்பிலிருந்து,

$$I_P^2 = (I_e + n\,I_s\ \text{கொசைன்}\ \delta)^2 + (I_m + n\,I_s\ \text{சைன்}\ \delta)^2$$
$$= (I_o\ \text{சைன்}\ \alpha + nI_s\ \text{கொசைன்}\ \delta)^2 + (I_o\ \text{கொசைன்}\ \alpha + nI_s\ \text{சைன்}\ \delta)^2$$

$$\therefore I_P = \{(I_o \text{சைன்}\,\alpha + n\,I_s\,\text{கொசைன்}\,\delta)^2 + I_o\,\text{கொசைன்}\,\alpha + n\,I_s\,\text{சைன்}\,\delta)^2\}^{\frac{1}{2}}$$

மின்னோட்ட மாற்றுவிகிதம் (current transformation ratio)

$$R = \frac{I_P}{I_s}$$

$$= \frac{[(I_o\,\text{சைன்}\,\alpha + nI_s\,\text{கொசைன்}\,\delta)^2 + (I_o\,\text{கொசைன்}\,\alpha + nI_s\,\text{சைன்}\,\delta)^2]^{\frac{1}{2}}}{I_s}$$

$$= \frac{\begin{matrix}[I_o^2\,\text{சைன்}^2\alpha + n^2 I_s^2\,\text{கொசைன்}^2\,\delta + 2n\,I_o\,I_s\,\text{சைன்}\,\alpha\,\text{கொசைன்}\,\delta \\ + I_o^2\,\text{கொசைன்}^2\,\alpha + n^2 I_s^2\,\text{சைன்}^2\delta + 2n\,I_o I_s\,\text{கொசைன்}\,\alpha\,\text{சைன்}\,\delta]^{\frac{1}{2}}\end{matrix}}{I_s}$$

I_o மிகக்குறைவாக இருக்குமாதலால் I_o^2 புறக்கணிக்கத்தக்கது.

$$\left\{ R \doteqdot \frac{\begin{matrix}[n^2 I_s^2\,(\text{கொசைன்}^2\delta + \text{சைன்}^2\delta) + 2n\,I_s\,I_o\,(\text{கொசைன்}\,\delta \\ \text{சைன்}\,\alpha + \text{சைன்}\,\delta\,\text{கொசைன்}\,\alpha)]^{\frac{1}{2}}\end{matrix}}{I_s} \right\}$$

$$\doteqdot \frac{[n^2 I_s^2 + 2\,n\,I_s\,I_o\,\text{சைன்}\,(\alpha+\delta)]^{\frac{1}{2}}}{I_s}$$

$$\doteqdot \frac{n\,I_s + I_o\,\text{சைன்}\,(\alpha+\delta)}{I_s}$$

$$\doteqdot n + \frac{I_o}{I_s}\,\text{சைன்}\,(\alpha+\delta)$$

$$= n + \frac{I_o}{I_s}\,(\text{சைன்}\,\alpha\,\text{கொசைன்}\,\delta + \text{கொசைன்}\,\alpha\,\text{சைன்}\,\delta)$$

$$= n + \frac{I_c\,\text{கொசைன்}\,\delta + I_m\,\text{சைன்}\,\delta}{I_s}$$

நிலைக்கோணம்

நேரிய வரிப்பிலிருந்து மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் சார்பு மின்னோட்டம் முதன்மை மின்னோட்டத்திலிருந்து ஏறத்தாழ 180° வேறுபட்டிருப்பதைக் காணலாம். இக்கோணம் சரியாக 180° ஆனால், மின்மாற்றியில் நிலைப்பிழை ஏற்படாது. முதன்மை மின்னோட்டத்தின் காந்த மற்றும் இரும்பிழப்புக்கூறுகளால் இக் கோணம் 180°யை விடக் குறைவாக இருக்கிறது. ஆகவே இதனால் நிலைப்பிழை ஏற்படுகிறது. புரட்டிய (reversed) சார்பு மின்னோட்டம், முதன்மை மின்னோட்டத்திலிருந்து வேறுபடும் கோணமே நிலைக் கோணம் எனப்படும். புரட்டிய சார்பு மின்னோட்டம், முதன்மை மின்னோட்டத்தைவிட முன்னேறினால் இக்கோணம் நேர் (postive)

எனக்கொள்ளப்படுகிறது. மிகக் குறைந்த திறன்கூறுகளில் நிலைக்கோணம் எதிர் ஆகக் கூடும்.

நேரிய வரிப்பிலிருந்து,

$$\text{டேன் } \theta = \frac{I_o \text{ சைன் } [90-(\alpha+\delta)]}{n I_s + I_o \text{ கொசைன் } [90-(\alpha+\delta)]}$$

$$= \frac{I_o \text{ கொசைன் } (\alpha+\delta)}{n I_s + I_o \text{ சைன் } (\alpha+\delta)}$$

ஆகவே θ ஒரு சிறிய கோணமானால்,

$$\text{டேன் } \theta \doteqdot \theta \doteqdot \frac{I_o \text{ கொசைன் } (\alpha+\delta)}{n I_s + I_o \text{ சைன் } (\alpha \& \delta)}$$

$$= \frac{[I_o \text{ கொசைன் } \alpha \text{ கொசைன் } \delta - \text{சைன் } \alpha \text{ சைன் } \delta]}{n I_s + I_o \text{ சைன் } (\alpha+\delta)}$$

$n I_s$ உடன் ஒப்பிட I_o சைன் $(\alpha+\delta)$ குறைவு,

ஆகவே,

$$\theta \doteqdot \frac{I_m \text{ கொசைன் } \delta - I_e \text{ சைன் } \delta}{n I_s} \text{ ஆரையன்கள்}$$

$$= \frac{180}{\pi}\left[\frac{I_m \text{ கொசைன் } \delta - I_e \text{ சைன் } \delta}{n I_s}\right] \text{பாகைகள்}$$

3.10. மின்னேட்ட மின்மாற்றிகளால் ஏற்படக்கூடிய பிழைகள்

மின்னேட்ட மின்மாற்றிகள் மின்னேட்டங்களை அளக்கப் பயன்படுத்தப்படும் பொழுது பிழை ஏதும் ஏற்படாமல் இருக்கச் சார்பு மின்னேட்டம், முதன்மை மின்னேட்டத்தின் குறிப்பிட்ட, தெரிந்த ஒரு பகுதியாக இருக்கவேண்டும். இக்கருவியின் அறிமுறையிலிருந்து இதன் மின்னேட்ட விகிதம்

$$\left(\text{அதாவது, } \frac{\text{முதன்மை மின்னேட்டம்}}{\text{சார்பு மின்னேட்டம்}}\right),$$

சுற்றுக்களின் விகிதத்திலிருந்து

$$\left(\text{அதாவது, } \frac{\text{முதன்மைச் சுற்றுகள்}}{\text{துணைச் சுற்றுகள்}}\right)$$

வேறுபடுகிறது என்று தெரிகிறது. இவ்வேறுபாடு கிளரும் மின்னேட்டத்தின் எண் மதிப்பையும், சார்பு மின்னேட்டம் மற்றும் திறன் கூறு இவற்றையும் பொருத்து இருக்கும். ஆகவே எல்லா சுமை மற்றும் அலைவெண்களிலும் மாறிலியாக இராது. இதனால் ஏற்படக்கூடிய பிழை குறிப்பிடத்தக்கதாகும்.

மின்னோட்ட மின்மாற்றிகள் திறன் அளப்பதற்குப் பயன்படுத்தப் படும்பொழுது முதன்மை மின்னோட்டத்திற்கும் சார்பு மின்னோட்டத் திற்கும் உள்ள நிலை வேறுபாடு துல்லியமாக 180° ஆக இருக்க வேண்டும். சென்ற பகுதியில் பார்த்ததுபோல், மின் மாற்றிகளில் இவ்வாறு இல்லாமல் நிலைக்கோணப்பிழை ஏற்படுகிறது. இதனால் திறன் அளப்பதில் குறிப்பிடத்தக்க பிழை ஏற்படக்கூடும்.

பொதுவாக, விகிதப்பிழை

$$\left(\text{அதாவது, } \frac{\text{திட்டமிடப்பட்ட விகிதம்—உண்மை விகிதம்}}{\text{உண்மை விகிதம்}}\right)$$

கிளரும் மின்னோட்டத்தின் இரும்பிழப்புக் கூறு I_e யைப் பொருத்தும், நிலைக் கோணப்பிழை காந்தப்படுத்தும் கூறு I_m ஐப் பொருத்தும் இருக்கும். இதைக் கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்.

$$\text{விகிதம் } R = n + \frac{I_e \text{ கொசைன் } \delta + I_m \text{ சைன் } \delta}{I_s}$$

$$\text{நிலைக் கோணம் } = \frac{I_m \text{ கொசைன் } \delta - I_e \text{ சைன் } \delta}{n\, I_s}$$

கோணம் δ மிகக் குறைவு. $\therefore\ \delta \doteqdot 0$ என்றால்,

$$R \doteqdot n + \frac{I_e}{I_s}$$

$$\theta \doteqdot \frac{I_m}{n\, I_s}$$

3·11. மின்னோட்ட மின்மாற்றியைப் பயன்படுத்தல்

மின்னோட்ட மின்மாற்றியால் ஏற்படுத்தப்படும் பிழைகள், அலை வெண்ணையும் துணைச்சுருளைச் சுமையின் எண் மதிப்பு மற்றும் திறன் கூறு இவற்றையும் பொருத்து இருக்கின்றன. மின்னோட்ட மின்மாற்றியை அளவீடு செய்யப் பயன்படுத்தப்பட்ட சுமையின் மின்மறுப்பும், மின்சுற்றுகளில் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது சுமை யாகப் பயன் படுத்தப்படும் மின்னோட்டமானி, திறனளவி இவை களின் மின்மறுப்பும் ஒன்றுயிருதனவ்ாதலால் இவற்றால் ஏற்படும் பிழைகள் மாறிலி என்று சொல்லமுடியாது. ஆகவே மின்னோட்ட மின்மாற்றிகளுடன் பயன்படுத்த கருவிகளை தேர்ந்து எடுக்கும் பொழுது இதைக் கருத்தில் கொள்ளவேண்டும். ஆனால் மின்மாற்றி களும் அவற்றுடன் பயன்படுத்தப்படும் கருவிகளுடன் சேர்ந்து அளவீடு செய்யப்படும் பொழுது, இது அவ்வளவு இன்றியமை யாதது அல்ல. இவ்வாறு அளவீடு செய்யப்படவில்லை எனில், மின்மாற்றியின் உண்மையான விகிதம் R கீழ்க்கண்டவாறு இருக்கும்.

சதவிகிதப் பிழை r

திட்டமிட்ட விகிதம் N

$$R = \frac{N}{1 + \frac{r}{100}}$$

மேலும் I_s — அளக்கப்பட்ட சார்பு மின்னேட்டமானல், அளக்கப்பட வேண்டிய மின்னேட்டம்

= முதன்மை மின்னேட்டம்

$$= \frac{N}{1 + \frac{r}{100}} I_s$$

மின்னேட்டம் மட்டுமே அளக்கப்படும் பொழுது நிலைக்கோணம் பாதிப்பதில்லை. ஆகவே நிலைக்கோணப்பிழை ஈடு செய்யப்பட வேண்டியதில்லை.

3·12. மின்னேட்ட மின் மாற்றியின் துணை மின் சுற்றைத்திறத்தல் (Open circuiting)

மின்னேட்ட மின்மாற்றியில் முதன்மை மின்னேட்டம் மாறிலி என்று வைத்துக் கொண்டால் முதன்மை ஆம்பியர் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை மாருதது. ஆகவே துணை மின்சுற்று திறக்கப்படும் பொழுதும் குறைவதில்லை. ஒரு மின்னேட்ட மின்மாற்றியின் முதன்மைச் சுருணையில் மின்னேட்டம் பாயும் பொழுது அதனுடைய துணை மின் சுற்று திறக்கப்பட்டால் உள்ளகத்தில் உயர்ந்த பாய அடர்த்தி உண்டாகிறது. இதற்குக் காரணம் சுருள் மின்னேட்டத்தால் ஏற்படும் எதிர் ஆம்பியர் சுற்றுகள் இல்லாததே ஆகும். இந்தப் பாயஅடர்த்தி துணைச் சுருணையில் ஒரு உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தைத் தூண்டுகிறது. இந்த மின்னழுத்தம் மின் காப்பில் (insulator) திரிபு (strain) ஏற்படுத்துவதோடல்லாமல் பயன் படுத்துவர்களுக்கு அபாயத்தை ஏற்படுத்தக்கூடும்.

துணை மின்சுற்று திறக்கப்பட்ட ஒரு மின்னேட்ட மின்மாற்றி திடீரென்று மின்வாயிலிருந்து துண்டிக்கப்பட்டால் உள்ளகத்தில் கணிசமான எஞ்சிய காந்தவியல் (residual magnetism) விட்டுச் செல்லப்படும். மறுபடியும் பயன்படுத்தப்படும் பொழுது விகித மற்றும் நிலைக்கோணப் பிழைகள் பொருட்படுத்தத் தக்க அளவு மாறியிருக்கும். ஆகவே கருவியைப் பயன்படுத்தி அளக்க வேண்டிய அவசியம் இல்லாதிருக்கும் பொழுதுகூட, முதன்மைச் சுருளில் மின்னேட்டம் பாய்ந்துகொண்டிருந்தால், துணை மின்சுற்று

மூடப்பட்டிருக்க வேண்டும். அளக்கப் பயன்படுத்தப்படும் பொழுது இணைக்கப்பட்ட சுமைகளான மின்னோட்டமானி, திறனளவியின் மின்னோட்டச்சுருள் ஆகியவைகளின் மின்மறுப்பு மிகக் குறைந்த அளவாக இருக்கிறபடியால் குறுக்கீடு (short circuit) செய்வதை ஒத்ததாகும். ஆகவே, மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் துணைச் சுருணையைக் குறுக்கீடு செய்வதால் எவ்விதத் தீங்கும் ஏற்படாது.

மின்னோட்ட மின் மாற்றியின் எந்தச் சுருணையில் நேர் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தினுலும் மின்மாற்றிப் பிழைகளை மாற்றக் கூடிய வகையில் உள்ளகம் காந்தமாக்கப்படும். குறிப்பாக, துணைச் சுருணை வழியாக நேர் மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும்பொழுது பிழைகளில் அதிக மாற்றம் ஏற்படக்கூடும். ஏனெனில் துணைச் சுருணை முதன்மைச் சுருணையை விடப் பல மடங்கு எண்ணிக்கை கூடுதலான சுற்றுகளை உடையதாக இருக்கும் துணைச் சுருணை மூலம் சிறு மின்னோட்டம் செலுத்தினுலும் அதிக அளவில் காந்தப் படுத்தும் ஆம்பியர் சுற்றுகள் ஏற்படுகின்றன.

3·13. மின்சுற்று திறத்தலுக்குப் பிறகு காந்தநீக்கம் செய்தல்

முதன்மை மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது, ஒரு மின்னோட்ட மின் மாற்றியின் துணை மின்சுற்று திறக்கப்பட்டு விட்டால் மறுபடியும் பயன்படுத்தப்படும் முன் மின்மாற்றி காந்த நீக்கம் செய்யப்பட வேண்டும். காந்த நீக்கம் செய்யும் பல வழிகளில் பின் வரும் இரு முறைகளை மட்டும் பார்ப்போம்.

முதல் முறையில் துணை மின்சுற்று திறந்தவாறே இருக்க முதன்மைச் சுருணையில் துணை மின் சுற்று திறப்பு ஏற்படுவதற்கு முன் என்ன அளவு மின்னோட்டம் ஓடியதோ அதே அளவு மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும். இம்மின்னோட்டம் மின்னோடி—மாறு மின்னுக்கிச் சோடி மூலம் செலுத்தப்படும். மாறுமின்னுக்கி யின் புலம் (field) துண்டிக்கப்படாமல் மின்னோடி நிறுத்தப்படும். சோடி வேகம் குறைந்து வரும்பொழுது மாறுமின்னுக்கியமும் மின்னழுத்தமும் பூச்சியம் வரை குறைகிறது. இக்குறைவினுல் மின்னழுத்தமும் பூச்சியம் வரை குறைகிறது. இக்குறைவினுல் மின் மாற்றி உள்ளக புலம் வீச்சு படிப்படியாகக் குறைந்து பல காந்தப் படுத்தும் அலைவுகள், தாண்டிச் சென்று பூச்சியத்தில் முடிவடைகின்றது.

மற்றொரு முறையில் மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் துணைச் சுருணைக்கு இணையாக துணை மின்சுற்று திறந்திருக்கிறது என்று சொல்லக்கூடிய அளவு அதிக மதிப்புள்ள மாற்றக்கூடிய மின் தடை இணைக்கப்பட்டுள்ளது. முழு அளவு மின்னோட்டம் முதன்மைச் சுருணையில் செலுத்தப்பட்டு, மின் தடை படிப்படியாக பூச்சியத்

திற்குக் குறைக்கப்படுகிறது. இதன் மூலம் உள்ளகத்தில் காந்தவியல் சிறிது சிறிதாகக் குறைக்கப்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 3·6

100/5 ஆம்பியர் என்ற விகிதமுடைய ஒரு மின்னோட்ட மின் மாற்றி ஒற்றை முதன்மைச் சுற்று உடையதாக இருக்கிறது. கிளரும் மின்னோட்டத்தின் காந்தப்படுத்தும் மற்றும் இரும்பிழப்புக் கூறுகள் இரண்டும் முழுச்சுமை முதன்மை மின்னோட்டத்தின் 1 சதவிகித மாக இருக்கிறது. துணைச் சுருணையில் 30° பின் தங்கும் 5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது விகித, மற்றும் நிலைக்கோணப் பிழைகளைக் கண்டுபிடி.

தீர்வு

$$\text{விகிதம் } n = \frac{100}{5} = 20$$

$$T_p = 1 \text{ சுற்று} \quad T_s = 200 \text{ சுற்றுகள்}$$

$$I_e = \frac{1}{100} \times 100 = 1 \text{ ஆ} = I_m$$

முழுச்சுமை சார்பு மின்னோட்டம் $I_s = 5$ஆ சார்பு மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்தங்களுக்கு இடையே உள்ள கோணம் $= \delta$

$$\text{உண்மை விகிதம் } R = n + \frac{I_e \text{ கொசைன் } \delta + I_m \text{ சைன் } \delta}{I_s}$$

$$= 20 + \frac{1. \text{ கொசைன் } 30° + 1 \text{ சைன் } 30°}{5}$$

$$= 20 + \frac{1·366}{5}$$

$$= 20.\ 273$$

$$\text{நிலைக் கோணப் பிழை} = \frac{180}{\pi} \left[\frac{I_m \text{ கொசைன் } \delta - I_e \text{ சைன் } \delta}{nI_s} \right]$$

$$= \frac{180}{\pi} \times \left(\frac{1. \text{ கொசைன் } 30° - 1. \text{ சைன் } 30°}{5 \times 20} \right)$$

$$= \frac{180}{\pi} \times \frac{0·366}{100} = 0·2°$$

$$\therefore R = 20·273\ ;\ \theta = 0·2°$$

எடுத்துக்காட்டு 3·7

ஒரு 1000/5 ஆம்பியர் 50 அலைவு மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் துணைச் சுமை (Secondary burden) தூண்டாத 1·6 ஓம் மின் தடை

ஆகும். முதன்மைச் சுருணை ஒரே சுற்று உடையது. உள்ளகத்தில் இரும்பிழப்பு, முழுச்சுமையில் 1·5 வாட்டு. உள்ளகத்திலுள்ள பாயத்தையும், முழுச்சுமையில் விகிதப் பிழையையும் கண்டுபிடி.

தீர்வு

$I_S = 5$ ஆ (முழுச்சுமை மின்னோட்டம்)

$r_S = 1·6\ \Omega\ ;\ r_s = 0$ (தற்கோள்)

$\therefore\ E_s = I_s\,(r_s + jx_s)$

$= 5 \times 1·6 = 8·0$ வோ.

$T_p = 1$

துணைச் சுற்றுகள் $= \dfrac{I_p \times T_p}{I_S} = \dfrac{1000 \times 1}{5}$

$= 2000$ சுற்றுகள்

உள்ளக பாயம் — ϕ வெபர்கள்

கொடுவாய் அலைவெண் — f

$E_S = 4·44\ \phi \times T_S \times f$

$\therefore\ 8 = 4·44\ \phi \times 200 \times 50$

$\therefore\ \phi = \dfrac{8}{4·44 \times 200 \times 50} = \dfrac{0·0018}{}$ வெபர்

துணைச் சுருணை பக்கம் இரும்பிழப்புக் கூறு.

$= 0·1875 \times 200 = 37·5$ ஆ.

$\%$ பிழை $= \dfrac{I_e \text{ கொசைன் } \delta + I_m \text{ சைன் } \delta}{nI_s} \times 100$

$x_s = 0\ \therefore\ \delta = 0$

$I_m = 0$ (தற்கோள்)

$\therefore\ \%$ பிழை $= \dfrac{I_e}{nI_s} \times 100$

$= \dfrac{37·5 \times 100}{200 \times 5}$

$= 3·75\ \%$

எடுத்துக்காட்டு 3·8

ஒரு 50 அலைவு மின்னோட்ட மின் மாற்றி ஒரு முதன்மைச் சுற்றும் 100 துணைச் சுற்றுகளும் உடையது. துணைச் சுருணை 5 ஆம்பியர் தூண்டாத 0·6Ω மின்தடையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. 10சதுர செ.மீ. வெட்டுமுகம் உடைய உள்ளகத்தில் தேவையான பாயம்

ஏற்படுத்த முதன்மைச் சுருணையில் 100 ஆம்பியர் சுற்றுகள் தேவைப்படுகின்றன. திறனிழப்பு மற்றும் கசிவு (leakage) ஆகிய வைகளைப் புறக்கணித்து கீழ்க்கண்டவைகளைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

(அ) உள்ளகத்தில் பாய அடர்த்தி

(ஆ) மின்னோட்ட மாற்று விகிதம்

(இ) நிலைக் கோணப்பிழை

தீர்வு

(அ) விகிதம் $= 100$

தூண்டப்பட்ட சார்பு மின்இயக்கு விசை

$= 0{\cdot}6 \times 5 = 3$ வோல்ட்கள்

$T_p = 1$ சுற்று $T_s = 100$ சுற்றுகள்

$f = 50$

$E_s = 4{\cdot}44 \times f\, \phi\, T_s$

$\therefore\ 3 = 4{\cdot}44 \times 50 \times \Phi \times 100$

$\phi = 0{\cdot}000\ 1351$ வெபர்

$\therefore$ பாய அடர்த்தி $= \dfrac{\phi}{\text{பரப்பு}} = \dfrac{0{\cdot}0001351}{10 \times 10^{-4}}$

$= 0{\cdot}1351$ வெபர்/ச. க. செ. மீ.

(ஆ) காந்தப்படுத்தும் மின்னோட்டம் $= \dfrac{100}{1} = 100$ ஆ

திறனிழப்பு இல்லையாதலால் $I_e = 0$

துணைச்சுமை தூண்டாததால் $\delta = 0$

$I_e = 0$ ஆதலால் $\alpha = 0$

$I_p = \{ n^2 I^2_s + 2n\, I_s I_o$ சைன் $(\alpha + \delta) + I_o^2 \}^{\frac{1}{2}}$

$= \{ 5^2 \times 100^2 + 2 \times 100 \times 5 \times 100$ சைன் $(0+0) + (100)^2 \}^{\frac{1}{2}}$

$= (500^2 + 100^2)^{\frac{1}{2}}$

$\therefore$ மாற்று விகிதம் $= \dfrac{I_p}{I_s} = \dfrac{(500^2 + 100^2)^{\frac{1}{2}}}{5}$

$= 102$

(இ) நிலைக்கோணப்பிழை $\theta = \dfrac{180}{\pi} \cdot \dfrac{(I_m \text{ கொசைன் } \delta - I_e \text{ சைன் } \delta)}{n\, I_s}$

$= \dfrac{180}{\pi} \left(\dfrac{100 \text{ கொசைன் } 0 - 0 \text{ சைன் } 0}{5 \times 100} \right)$

$= 11{\cdot}47^\circ$

எடுத்துக்காட்டு 3·9

ஒரே மாதிரியான இரு மின்னோட்ட மின்மாற்றிகள் ஒரே மாதிரியான இரு ஊட்டிகளின் (feeders) மொத்தத்திறனை அளக்க இணைக்கப்பட்டுள்ளன. திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருளின் மின்தடை மற்றும் மின்மறுப்பு முறையே 0·09Ω மற்றும் 0·08 ஓம்கள், சுற்று விகிதம் 500/5, மின்மாற்றிகளின் துணைச்சுருணையின் மின்தடை 0·02 Ω, மின்மறுப்பு 0·03Ω. மின்மாற்றிகளின் பண்புவரைகள் (characteristic curves) பின்வருமாறு.

மின்இயக்கு விசை (வோல்ட்)	0·25	0·5	1·0	1·5	2·0
காந்தப்படுத்தும் கூறு (ஆ)	0·9	1·5	2·5	3·2	4·0
திறனிழப்புக் கூறு (ஆ)	0·5	1·3	2·7	3·9	4·6

பின் வரும் நிலைகளில், திறனளவிகளில் 5ஆ பாயும்பொழுது நிலைக்கோணம் மற்றும் விகிதப்பிழைகளைக் கண்டுபிடி.

(அ) ஒரு ஊட்டியில் மின்னோட்டம் பூச்சியம்.

(ஆ) இரு ஊட்டிகளிலும் எண் மதிப்பு மற்றும் நிலையில் சமமாக இருக்கிற மின்னோட்டம் பாய்கிறது.

தீர்வு

(அ) $r_L = 0{\cdot}09\ \Omega$ $\quad x_L = 0{\cdot}08\ \Omega$

$r_S = 0{\cdot}02\ \Omega$ $\quad x_S = 0{\cdot}03\ \Omega$

$\therefore$ மொத்தச்சுமை $= 0{\cdot}11 + j\,0{\cdot}11 = 0{\cdot}155\Omega$

$$\therefore \quad \delta = \text{டேன்}^{-1}\left(\frac{0{\cdot}11}{0{\cdot}11}\right)$$

$$= 45°$$

சார்பு மின் இயக்கு விசை E_S $= 5 \times 0{\cdot}155 = 0{\cdot}775$ வோ.

பண்பு வரைகளிலிருந்து,

காந்தப்படுத்தும் கூறு $= I_m = 2{\cdot}1$ ஆ

உள்ளகத் திறனிழப்பு கூறு $= I_c = 2{\cdot}11$ ஆ

$$\%\ \text{பிழை} = \frac{I_c \text{ கொசைன் } \delta + I_m \text{ சைன் } \delta}{nI_S}$$

$$= \frac{2 \cdot 11 \times \text{கொசைன் } 45^\circ + 2 \cdot 1 \times \text{சைன் } 45^\circ}{5 \times 100} \times 100$$

$$= \frac{4 \cdot 21 \times 0 \cdot 707}{5} = 0 \cdot 596\%$$

$$\text{நிலைக்கோணப் பிழை } \theta = \frac{180}{\pi}\left(\frac{I_m \text{ கொசைன் } \delta - I_e \text{சைன்} \delta}{nI_s}\right)$$

$$= \frac{180}{\pi}\left(\frac{2 \cdot 1 \text{ கொசைன் } 45^\circ - 2 \cdot 11 \text{ சைன் } 45^\circ}{100 \times 5}\right) = 0$$

ஆ) இரு ஊட்டிகளிலும் சம மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது மின்மாற்றிகளில் மின்னோட்டம் $\frac{5}{2} = 2 \cdot 5$ ஆ.

$$Es = 5\,(0 \cdot 08 + j0 \cdot 9) + 2 \cdot 5\,(0.02 + \delta 0 \cdot 03) = 0 \cdot 69$$

$\therefore\ Im = 1 \cdot 95$ ஆ $\qquad Ie = 1 \cdot 85$ ஆ

$I_s = 2 \cdot 5$ ஆ

$$\text{சதவிகிதப் பிழை} = \frac{I_e \text{கொசைன் } \delta + I_m \text{ சைன்} \delta}{nI_s} \times 100$$

$$= \frac{1 \cdot 85 \text{ கொசைன் } 45^\circ + 1 \cdot 95 \text{ சைன் } 45^\circ}{2 \cdot 5 \times 100} \times 100$$

$$= \frac{3 \cdot 9 \times 0 \cdot 707}{2 \cdot 5} = 1 \cdot 11\ \%$$

$$\text{நிலைக்கோணப் பிழை } \theta = \frac{180}{\pi}\left(\frac{I_m \text{ கொசைன்} \delta - I_e \text{ சைன்} \delta}{nI_s}\right)$$

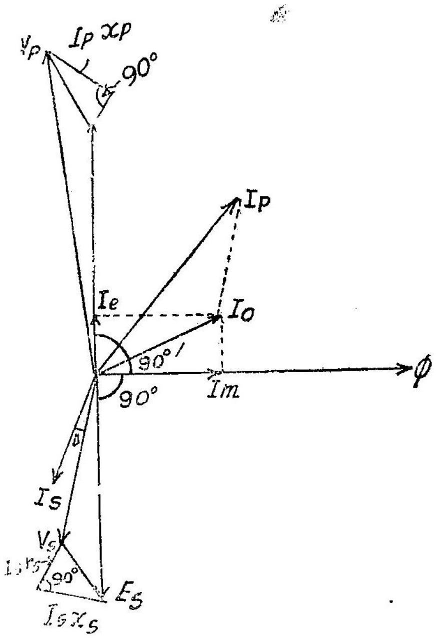
$$= \frac{180}{\pi}\left(\frac{1 \cdot 95 \text{ கொசைன் } 45^\circ - 1 \cdot 85 \text{ சைன் } 45^\circ}{2 \cdot 5 \times 100}\right)$$

$$= \frac{0 \cdot 1 \times 0 \cdot 707}{2 \cdot 5 \times 100} \times \frac{180}{\pi}$$

$$= 0 \cdot 0017^\circ$$

3·14 மின்னழுத்த மின்மாற்றிகள்

மின்னழுத்த மின்மாற்றிகளின் அறிமுறை சாதாரண திறன் மின்மாற்றிகளைப் (Power Transformers) போன்றதுதான். இவற்றி லுள்ள முக்கிய வேறுபாடு யாதெனில் மின்னழுத்த மின்மாற்றிகளில் சார்பு மின்னோட்டம், காந்தப்படுத்தும் மின்னோட்ட வரிசையிலேயே இருக்கும். மின்னழுத்த மின்மாற்றியின் நேரிய வரிப்பு படம் 3.10-ல் காண்க.



படம் 3·10

மின்னழுத்த மின்மாற்றியின் நேரிய வரிப்பு

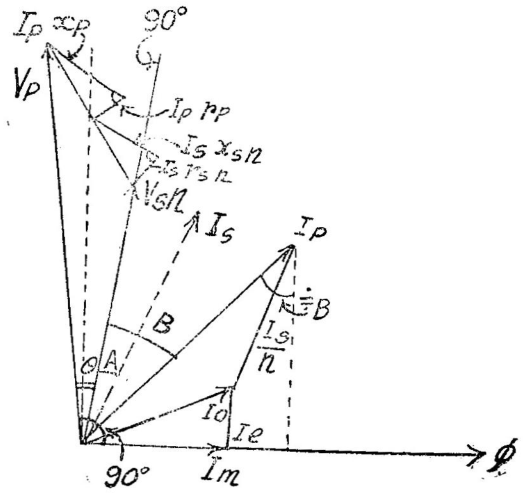
மின்மாற்றி உள்ளகத்தில் செயல்படும் பாயம்	$-\phi$
சுமையற்ற மின்னோட்டத்தின் காந்தப்படுத்தும் கூறு	$-I_m$
,, ,, இரும்பிழப்புக்கூறு	$-I_e$
சுமையற்ற மின்னோட்டம் (No load current)	$-I_o$
துணைச் சுருணையில் தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்தம்	$-E_s$
துணை மின்முனை மின்னழுத்தம்	$-V_s$
சார்பு மின்னோட்டம்	$-I_s$
துணைச் சுருணை மின்தடை r_sல் மின்னழுத்தச்சரிவு	$-I_s\ r_s$
துணைச் சுருணை மின்மறுப்பு x_sல் ,,	$-I_s\ x_s$
முதன்மை மின்னோட்டம்	$-I_p$
முதன்மை மின்னழுத்தத்தின் மாற்றுவதற்கு கிடைக்கும் பகுதி	$-E_p$
முதன்மைச் சுருணையின் மின்தடையில் மின்னழுத்தச்சரிவு	$-I_p\ r_p$
முதன்மைச் சுருணையின் மின்மறுப்பில் மின்னழுத்தச்சரிவு	$-I_p\ x_p$
துணைச்சுமை மின்சுற்றின் நிலைக்கோணம்	$-\triangle$

மேலே குறிப்பிட்டுள்ள நேரியங்களில் $I_s x_s$, I_s ஐ விட நிலையில் 90° முன்னேறியிருக்கும். $I_s r_s$, I_s உடன் ஒரே நிலையில் இருக்கும். I_p, I_0 மற்றும் புரட்டிய I_s இவற்றின் நேரியக்கூடுதலுக்குச் சமமாகும். F_p = முதன்மை மின்முனை மின்னழுத்தம் — முதன்மைச் சுருணையின் மின் எதிர்ப்பில் மின்னழுத்தச் சரிவு. △எப்பொழுதும் சிறியதாகவே இருக்கும். படத்தில் மின்னழுத்தச் சரிவு நேரியங்கள் பெரிது படுத்திக் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன.

துணைச்சுருணையில் தூண்டப்படும் மின்னழுத்த நேரியம் E_s லிருந்து துணைச் சுருணையில் மின்னழுத்தச் சரிவுகளின் நேரியங்களை கழித்து துணை முன்முனை மின்னழுத்த நேரியம் V_s கிடைக்கப் பெறுகிறது. முதன்மைச் சுருணையில் மாற்றுவதற்கு கிடைக்கக் கூடிய மின்னழுத்தம், அதாவது E_sக்கு நிலை எதிராக உள்ள, கொடுக்கப்பட்ட முதன்மை மின்னழுத்தத்தின் கூறு, கொடுக்கப் பட்ட மின்னழுத்த நேரியம் V_pயிலிருந்து முதன்மைச் சுருணையில் ஏற்படும் மின்னழுத்தச் சரிவு நேரியங்களைக் கழிப்பதன் மூலம் கிடைக்கும்.

3·15. மாற்றுவிகிதம்

எல்லா நேரியங்களையும் முதன்மைப் பக்கம் குறித்து மாற்ற நேரிய வரிப்பு படம் 3·11-ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளதைப் போல் இருக்கும்.



3·11
மின்னழுத்த மின்மாற்றியின் முதன்மைப் பக்கம் குறித்த நேரிய வரிப்பு

சுற்றுக்களின் விகிதம் η என்று கொள்க.

$$\text{அதாவது } n = \frac{\text{முதன்மைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை}}{\text{துணைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை}} = \frac{E_p}{E_s}.$$

சார்பு மின்னழுத்தங்கள் முதன்மைப் பக்கத்திற்கு குறிக்கப்படும் பொழுது அவற்றின் உண்மையான மதிப்பு 'n' ஆல் வகுக்கப்படும்.

படத்தில் V_p மற்றும் புரட்டிய V_s இவற்றின் இடையிலுள்ள கோணம் அதாவது மின்மாற்றியின் நிலைக்கோணம் 'θ'. புரட்டிய V_s மற்றும் I_p இவற்றிற்கு இடையிலுள்ள நிலைக்கோணம் β.

$$V_p \text{ கொசைன் } \theta = n\,V_s + n\,I_s\,r_s \text{ கொசைன் } \triangle + n\,I_s\,x_s \text{ சைன் } \triangle$$
$$+ I_p\,r_p \text{ கொசைன் } \beta + I_p\,x_p \text{ சைன் } \beta$$
$$= n\,V_s + n\,I_s\,(r_s \text{ கொசைன் } \triangle + x_s \text{ சைன் } \triangle)$$
$$+ I_p\,(r_p \text{ கொசைன் } \beta + x_p \text{ சைன் } \beta).$$

சாதாரணமாக θ மிகவும் குறைவாக இருப்பதால் புரட்டிய V_s மற்றும் V_p இவை இரண்டும் Φக்கு செங்குத்தாக இருப்பதாகக் கொள்ளலாம். ஆகவே,

$$I_p \text{ கொசைன் } \beta = I_e + \frac{I_s}{n} \text{ கொசைன் } \triangle$$

$$I_p \text{ சைன் } \beta = I_m + \frac{I_s}{n} \text{ சைன் } \triangle$$

$$\text{கொசைன் } \theta \doteq 1$$

$$\therefore V_p = n\,V_s + n\,I_s\,(r_s \text{ கொசைன் } \triangle + x_s \text{ சைன் } \triangle)$$
$$+ r_p \left(I_e + \frac{I_s}{n} \text{ கொசைன் } \triangle \right)$$
$$+ x_p \left(I_m + \frac{I_s}{n} \text{ சைன் } \triangle \right)$$

$$V_p = n\,V_s + I_s \text{ கொசைன் } \triangle \left(n\,r_s + \frac{r_p}{n} \right)$$
$$+ I_s \text{ சைன் } \triangle \left(n\,x_s + \frac{x_p}{n} \right) + I_e\,r_p + I_m\,x_p$$

$$V_p = n\,V_s + \frac{I_s}{n} \text{ கொசைன் } \triangle\,(n^2 r_s + r_p)$$
$$+ \frac{I_s \text{ சைன் } \triangle}{n}\,(n^2 x_s + x_e) + I_e\,r_p + I_m\,x_p$$

∴ மின்னழுத்த விகிதம்,

$$\frac{V_p}{V_s}=n+\frac{\frac{I_s}{n}\left[R_p \text{ கொசைன் } \triangle+X_p \text{ சைன் } \triangle\right]+I_e r_p+I_m x_p}{V_s}$$

இதில், R_p—முதன்மைப்பக்கம் குறித்த மின்மாற்றி சம மின்தடை

X_p—முதன்மைப்பக்கம் குறித்த மின்மாற்றி சம மின் மறுப்பு இவை துணைப்பக்கம் குறிக்கப்பட்டால் (referred), துணைப்பக்கம் குறித்த மின்மாற்றி சம மின் தடை—R_s துணைப்பக்கம் குறித்த மின் மாற்றி சம மின் மறுப்பு—X_s

$$V_p=n V_s+n I_s \text{ கொசைன் } \triangle\left(r_s+\frac{r_p}{n^2}\right)$$
$$+n I_s \text{ சைன் } \triangle$$
$$\left(x_s+\frac{x_p}{n^2}\right)+I_e r_p+I_m x_p$$

அல்லது, $\frac{V_p}{V_s}=n+\frac{nI_s[R_s\text{கொசைன் } \triangle+X_s\text{சைன் } \triangle X+I_e r_p+I_m x_p}{V_s}$

மின்னழுத்த விகிதத்திற்கும் சுற்றுகளின் விகிதம் η க்கும் உள்ள வேறுபாடு

$$=\frac{\frac{I_s}{n}\left[R_p \text{ கொசைன் } \triangle+X_p \text{ சைன் } \triangle\right]+I_e r_p+I_m x_p}{V_s}$$

அல்லது

$$=\frac{n I_s [R_s \text{ கொசைன் } \triangle+X_s \text{ சைன் } \triangle]+I_e r_p+I_m x_p}{V_s}$$

நிலைக்கோணம்

படம் 3·11 லிருந்து

$$\text{சைன் } \theta=\frac{I_p x_p \text{ கொசைன் } \beta-I_p r_p \text{ சைன் } \beta+I_p x_s n \text{ கொசைன் } \triangle-I_s r_p n \text{ சைன் } \triangle}{V_p}$$

$\doteq \theta$ ஆரையன் ($\because$ θ மிகச் சிறியது)

$$\text{டேன் } \theta=\frac{I_p x_p \text{ கொசைன் } \beta-I_p r_p \text{ சைன் } \beta+I_s x_s n \text{ கொசைன் } \triangle-I_s X_s n \text{ சைன் } \triangle}{n V_s+n I_s r_s \text{ கொசைன் } \triangle+I_s x_s n \text{ சைன் } \triangle+I_p r_p \text{ கொசைன் } \beta+I_p x_p \text{சைன் } \beta}$$

nV_s உடன் ஒப்பிட்டால் I_s, I_p மிகச்சிறியவை. ஆகவே,

$$\text{டேன் } \theta \doteq \frac{I_p x_p \text{ கொசைன் } \beta - I_p r_p \text{ சைன் } \beta + I_s x_s n \text{ கொசைன் } \triangle - n I_s r_s \text{ சைன் } \triangle}{n V_s}$$

$$= \frac{x_p\left(I_e + \frac{I_s}{n} \text{ கொசைன் } \triangle\right) - r_p\left(I_m + \frac{I_s}{n} \text{ சைன் } \triangle\right) + I_s x_s n \text{ கொசைன் } \triangle - I_s r_s n \text{ சைன் } \triangle}{n V_s}$$

$$= \frac{I_s \text{ கொசைன் } \triangle\left(\frac{X_p}{n} + x_s n\right) - I_s \text{ சைன் } \triangle\left(\frac{r_p}{n} + n r_s\right) + I_e x_p - I_m r_p}{n V_s}$$

θ மிகச் சிறியது ஆகையால் டேன் $\theta \doteq \theta$ ஆரையன்

$$\therefore \theta \text{ (ஆரையன்) } \doteq \frac{\frac{I_s \text{ கொசைன் } \triangle}{n} X_p - \frac{I_s \text{ சைன் } \triangle}{n} R_p + I_e X_p - I_m r_p}{n V_s}$$

$$\text{அல்லது } \theta \text{ (ஆரையன்) } \doteq \frac{n I_s \text{ கொசைன் } \triangle X_s - n I_s \text{ சைன் } \triangle R_s + I_e x_p - I_m r_p}{n V_s}$$

$$= \frac{I_s}{V_s}\left(X_s \text{ கொசைன் } \triangle - R_s \text{ சைன் } \triangle\right) + \frac{I_e x_p - I_m r_p}{n V_s}$$

31·6. மின்னழுத்த மின்மாற்றி ஏற்படுத்தும் பிழைகள்

மின்னோட்ட மின்மாற்றிகளைப் போலவே, மின்னழுத்த மின்மாற்றிகளும் விகித, மற்றும் நிலைக்கோணப் பிழைகளை ஏற்படுத்துகின்றன. இவற்றில் நிலைக்கோணப் பிழை திறன் அளக்கப்படும்பொழுதுதான் பொருட்படுத்தப்பட வேண்டும். விகிதப் பிழை காரணமாக முதன்மை மின்சுற்றில் அளக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை, துணை மின்சுற்றிலுள்ள மின்னழுத்தமானியின் காட்சிப் பதிவை சுற்றுவிகிதம் 'η' ஆல் பெருக்கி கண்டுபிடிக்க இயலாது.

'n' மற்றும் உண்மை விகிதம் $\frac{V_p}{V_s}$ க்கும் உள்ள வேறுபாடு, அதாவது விகிதப்பிழை, மற்றும் நிலைக் கோணப்பிழை இவையிரண்டும் மின்மாற்றிச் சுருணைகளின் மின்மறுப்பு, மின் தடை ஆகியவற்றையும் மின்மாற்றியின் கிளரும் மின்னோட்டத்தின் எண் மதிப்பையும் பொருத்து ஏற்படுபவை.

எடுத்துக்காட்டு 3·10

1000/100 வோல்ட்கள் மின்னழுத்த மின்மாற்றி ஒன்றின் மாறிலிகள் பின்வருமாறு.

முதன்மை மின்தடை	=	94·5	ஓம்கள்
துணை மின்தடை	=	0·86	ஓம்கள்
முதன்மை மின்தடை	=	66·2	ஓம்கள்
சமி மின் மறுப்பு	=	66·2	ஓம்கள்
காந்தப்படுத்தும் மின்னோட்டம்	=	0.02	ஆம்பியர் (திறன் கூறு 0·4)

கீழ்க்கண்டவைகளைக் கணக்கிடு.

(அ) சுமையில்லாத பொழுது முதன்மை மற்றும் சார்பு மின்னழுத்தங்களின் நிலைக்கோணம் என்ன ?

(ஆ) நிலைக்கோணம் பூச்சியமாகக்கூடிய ஒற்றைத் திறன் கூறு சுமை என்ன ?

தீர்வு

$r_p = 94·5\ \Omega \qquad r_s = 0·86\ \Omega$

$n_p = 66·2\ \Omega \qquad X_p = 66·2\ \Omega$

$I_o = 0.02$ ஆ (திறன் கூறு 0·4)

$I_e = 0·02 \times 0·4 = 0·008$ ஆ

$I_m = 0·02 \times 0·9165 = 0·01833$ ஆ

(அ) சுமையில்லாத போது $I_s = 0$

$V_s = 100$ வோல்ட் $\qquad n = 10$

$$\theta = \frac{180}{\pi}\left\{\frac{I_s}{V_s}\left(X_s \text{ கொசைன் } \triangle - R_s \text{ சைன் } \triangle\right) + \frac{I_e n_p - I_m r_b}{n\, V_s}\right\}$$

$$\therefore\ \theta = \frac{180}{\pi}\left\{0 + \frac{0·008 \times 66·2 - 0·01833 \times 94·5}{10 \times 100}\right\} \text{ பாகைகள்}$$

$$\theta = -0·07°$$

(ஆ) $\theta = 0$ ஆக இருக்கும் பொழுது துணை மின்னோட்டம் I_s

$$\therefore\ \frac{180}{\pi}\left\{\frac{I_s}{V_s}\left(X_s \text{ கொசைன் } \triangle - R_s \text{ சைன் } \triangle\right) + \frac{I_e x_p - I_m r_b}{n\, V_s}\right\} = 0$$

துணைச் சுமை மின்தடை மட்டுமேயாதலால் $\triangle = 0$

$$X_s = \frac{66·2}{10^2} = 0·662\ \Omega$$

$$I_s X_s + \frac{I_c x_p - I_m r_b}{n} = 0$$

$$0{\cdot}662\ I_s + \frac{0{\cdot}008 \times 66{\cdot}2 - 0{\cdot}01833 \times 94{\cdot}5}{10} = 0$$

$\therefore I_s = 0{\cdot}181$ ஆ

$\therefore$ சுமை $= 100 \times 0{\cdot}181 = 18{\cdot}1$ வோல்ட் ஆம்பியர்கள்.

பயிற்சி 3

1. 0·18 ஓம் மின்தடையுள்ள மின்னோட்டமானியின் முழு அளவுத்திட்டம் 20 ஆம்பியர். அதே கருவியை 100 ஆம்பியர் அளக்கப் பயன்படுத்துவதென்றால் தேவையான இணைத்தட மின்தடை என்ன ?

2. ஒரு மில்லி மின்னோட்டமானியின் மின் சுற்றில் சுருளுடன் தொடராக 3·8 Ω மின் தடை இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சுருள் பக்கங்களின் நீளம் 1·5 செ.மீ; அகலம் 1 செ.மீ; 0·40 Ω / மீட்டர் மின்தடையுள்ள கம்பியால் ஆன 60 சுற்றுகளுடையது. 5 மி. ஆம்பியர் மின்னோட்டம் முழு விலக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது. 100 மி. ஆ. மின்னோட்டத்தை அளக்க வல்லதாக இதை மாற்றத் தேவையான இணைத்தட மின்தடை எவ்வளவு ?

3. ஒரு இயங்கு சுருள் கருவியின் மின்தடை 5 ஓம்கள். 0·015 ஆ முழு விலக்கம் ஏற்படுத்துகிறது. இக்கருவி ஒரு மாங்கனின் இணைத்தடம் பயன்படுத்தி 100 ஆம்பியர் அளக்க இருக்கிறது. கீழ்க்கண்ட நிலைகளில் 10°C வெப்ப நிலை உயர்வு ஏற்படுத்தும் பிழையைக் கண்டுபிடி.

(அ) 5 ஓம் மின்தடை முழுவதும் தாமிரத்தால் ஆனது.

(ஆ) தாமிரச் சுருளின் மின்தடை 1 ஓம், மற்றும் அதன் 4 ஓம்கள் தொடர் மாங்கனினால் ஆனது.

தாமிரம் மற்றும் மாங்கனின் ஆகியவைகளின் வெப்பநிலை மின்தடை எண் முறையே 0·4 %/°C மற்றும் 0·015% /°C.

4. ஒரு இயங்கு சுருள் கருவியின் மின்தடை வெப்பநிலையில் 10 ஓம்கள். 45 மி.ஆ. மின்னோட்டம் முழு விலக்கம் ஏற்படுத்துகிறது. வெப்பநிலை மாறுதலால் அதனுடைய மின்தடை 10·2 ஓம் ஆக உயர்ந்தால், நிலை மின்தடையுடைய 2000 ஆம்பியர் இணைத்தடம் பயன்படுத்தி 2000 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் அளக்கப்படும் பொழுது அதன் காட்சிப் பதிவு என்ன ? சதவிகிதப் பிழை என்ன ?

5. ஒரு இயங்கிரும்பு மின்னழுத்தமானியின் முழு விலக்க மின்னழுத்தம் 120 வோல்ட்கள். அதனுடைய மின் நிலைமம் 0·6 ஹெ ; மின்தடை 2400 ஓம்கள். 50 அலைவுகளில் பயன்படுத்த திட்ட அமைப்பு செய்யப்பட்டுள்ளது. அதனுடைய நெடுக்கத்தை 5 மடங்கு ஆக்கத் தேவையான தொடர் மின்தடை என்ன ?

6. 50 அலைவு இயங்கிரும்பு மின்னழுத்தமானி ஒன்றின் மின்தடை 1500 ஓம்கள் ; மின் நிலைமம் 0·4 ஹெ. அதன் முழு விலக்கக் காட்சிப் பதிவு 150 வோல்ட்கள். அதை 600 வோல்ட்கள் அளக்கப் பயன்படுத்தத் தேவையான தொடர் மின்தடை என்ன ?

7. 120 வோல்ட் நிலை மின் மின்னழுத்தமானியின் நெடுக்கம் மின் தேக்கி ஒன்றை தொடராக இணைப்பது மூலம் விரிவாக்கப்பட்டிருக்கிறது. அப்பொழுது 100 வோல்ட் காட்சிப் பதிவு 10000 வோல்ட்களைக் குறிக்கிறது. அந்தக் காட்சிப் பதிவில் மின்னழுத்தமானியின் மின்தேக்கு திறன் 70 மை.மை.பா. என்றால் பெருக்கி மின்தேக்கியின் மின் தேக்கு திறனைக் கண்டுபிடி.

8. ஒரு 500/5, 50 அலைவு மின்னோட்ட மின் மாற்றியின் துணைச்சுமை ஒரு துண்டாத 0·5 ஓம் மின்தடை. முதன்மைச் சுருணை ஒரு சுற்று உடையது. முழுச்சுமை சார்பு மின்னோட்டத்தில் பாயத்தை ஏற்படுத்த 100 ஆம்பியர் சுற்றுகள் தேவைப்படுகின்றன. உள்ளகத்தில் உள்ள பாயத்தையும், முழுச் சுமையில் மின்னோட்ட விகிதத்தையும் கண்டுபிடி.

9. ஒரு மின்னோட்ட மின்மாற்றி ஒரு சட்ட முதன்மைச் சுருணையும், 300 துணைச் சுற்றுகளையும் உடையது. துணைச்சுமை 1·2 Ω மின்தடையும், 0·62 Ω மின் மறுப்பும் உடைய ஒரு மின்னோட்டமானி. துணைச் சுருணையின் மின்தடை 0·22 Ω மின்மறுப்பு 0·8 Ω. உள்ளகத்திற்கு உள்ளகத் திறனிழப்பிற்காக 80 ஆம்பியர் சுற்றுகளும் காந்தப்படுத்தலுக்கு 200 ஆம்பியர் சுற்றுகளும் தேவைப்படுகின்றன. மின்னோட்டமானி 5 ஆம்பியர் காட்டும் பொழுது முதன்மை மின்னோட்டம், விகிதப்பிழை, நிலைக் கோணப்பிழை ஆகியவற்றைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

விகிதப் பிழையைத் தவிர்க்க துணைச் துருணையில் எத்தனை சுற்றுகளைக் குறைக்கவேண்டும்.

10. ஒரு மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் அறுதியீடு 25 வோல்ட் ஆம்பியர்; 100/5 ஆ முழுச் சுமையில் அதன் இரும்பிழப்பு 0·2 வா; காந்தப்படுத்து மின்னோட்டம் 1·5 ஆ. அதன் துணை மின்முனைகளில் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்னோட்ட மானியின் $\frac{\text{மின்தடை}}{\text{மின்மறுப்பு}}$ விகிதம் 5. முழுச்சுமையில் விகிதப் பிழை மற்றும் நிலைக்கோணம் ஆகியவைகளைக் கண்டுபிடி.

11. ஒருநிலை மின்னழுத்த மின்மாற்றி ஒன்றின் சுற்றுகளின் விகிதம் 3810/63. அதனுடைய சாதாரண சார்பு மின்னழுத்தம் 63 வோல்ட்கள். துணைப்பக்கத்திற்கு குறிக்கப்பட்ட மொத்த மின்தடை மற்றும் கசிவு மின்மறுப்பு முறையே 2 Ω மற்றும் 1 Ω.

மின் மாற்றியின் சுமை 100 + j 200 Ω ஆக இருக்கும்பொழுது விகிதப் பிழை மற்றும் நிலைக்கோணப் பிழை ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடி.

4. திறனும் அதை அளக்கும் முறைகளும்

4·1. திறன்

நேர் மின்னேட்ட மின் சுற்றுகளில் மின்னேட்டம் மின்னழுத்தம் இவைகளை அளந்து அவற்றின் பெருக்கத்தைக் கொண்டு திறனைக் கண்டு பிடிக்கலாம். ஆனல் மாறு மின்சாரத்தில் அவ்வாறு செய்ய இயலாது.

கணத் திறன் $= \omega$ என வை

கண மின்னழுத்தம் $= e$

கண மின்னேட்டம் $= i$

$$\omega = e\,i$$

மின்னழுத்தம் மின்னேட்டம் இவ்விரண்டின் அலைவடிவங்களும் சைன் வடிவங்களானல்

$$e = E_m \text{ சைன் } w\,t$$

இதில் E_m — e யின் உச்ச மதிப்பு

ω — கோணத்திசை வேகம்.

மின்னேட்டம் மின்னழுத்தத்தை விட $\phi°$ பின் தங்கியிருக்கிறது என்று வைத்துக்கொண்டால்

$$i = I_m \text{ சைன் } (wt - \phi)$$

$$\therefore\ \omega = e\,i$$

$$= E_m\, I_m \text{ சைன் } (w\,t) \cdot \text{ சைன் } (\omega\,t - \phi)$$

$\theta = \omega t$ என்று எழுதினல்

$$\omega = E_m\, I_m \text{ சைன் } \theta \cdot \text{ சைன் } (\theta - \phi)$$

$$\text{சராசரி திறன் } w = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} E_m I_m \text{ சைன் } \theta \cdot \text{சைன் } (\theta - \phi)\, dt$$

$$= \frac{E_m I_m}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{\text{கொசைன் } \phi - \text{கொசைன் } (2\theta - \phi)}{2}\, d\theta$$

$$= \frac{E_m I_m}{4\pi}\left[\theta \text{ கொசைன் } \phi - \frac{\text{சைன் } (2\theta - \phi)}{2}\right]_0^{2\pi}$$

$$= \frac{E_m I_m}{4\pi}\left[(2\pi \text{ கொசைன் } \phi - 0) - \frac{(\text{சைன்}(4\pi - \theta) - \text{சைன்}(-\phi)}{2}\right]$$

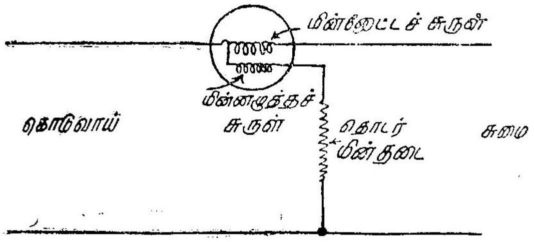
$$= \frac{E_m I_m}{4\pi} 2\pi \text{ கொசைன் } \phi$$

$$= \frac{E_m I_m}{2} \text{ கொசைன் } \phi$$

$$= E.\ I.\ \text{கொசைன் } \phi$$

இதில் E, I இரண்டும் e, i இவற்றின் பயன் மதிப்பு.

திறனுக்கான கோவையில் திறன் கூறு (power factor) அதாவது கொசைன் ϕ உள்ளதால் மின்னோட்டம், மின்னழுத்தம் இவைகளை மட்டும் அளந்தால் போதாது. ஆகவே திறனை நேராகக் காட்டக் கூடிய திறனளவி என்ற கருவியை உபயோகிப்பது அவசியமாகிறது.



படம் 4·1

திறனளவி இணைப்புகள்

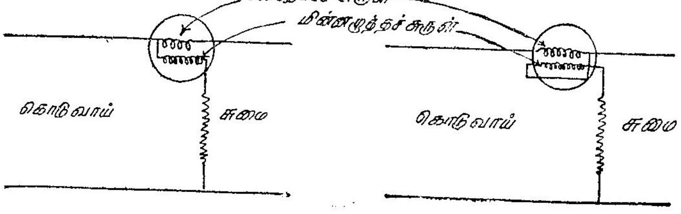
படம் 4·1–ல் ஒரு திறனளவி மின் சுற்றில் இணைக்கப்படும் விதம் காட்டப்பட்டுள்ளது. இம்மானிகளில் இரு சுருள்கள் உள. மின்னோட்டச் சுருள் சுமை மின்னழுத்தத்திற்கு விகித சமத்திலும் ஒரே நிலையிலும் உள்ள மின்னோட்டத்தை ஏற்கிறது. திறனளவியின் விலக்கம் (deflection) இவ்விரு சுருள்களிலும் ஓடும் மின்னோட்டங்

களுக்கும், அவற்றிற்கு இடையே உள்ள நிலை வேறுபாடு கோணத்தின் இடக்கைக்கும் (cosine), அதாவது திறன் கூறுக்கும் விகித சமத்தில் இருக்கும். மின்னழுத்தச் சுருளில் உள்ள மின் நிலைமம் தவிர்க்கப்பட வேண்டும். இன்றேல் மின்னழுத்தச் சுருளில் உள்ள மின்னோட்டம் மின்னழுத்தத்தை விட பின்தங்கி இருக்கும். மின்னழுத்தச் சுருளின் மின் மறுப்பு (reactance) தவிர்க்கத் தக்கதாய் இருக்குமாறு ஒரு பெரும் தூண்டாத மின் தடை மின்னழுத்தச் சுருளின் சுற்றில் சேர்க்கப்பட்டு அச்சுற்றின் மின் தடை உயர்த்தப் படுகிறது. இந்த ஏற்பாடு மின்னழுத்தச் சுருளில் மின்னோட்டத்தைக் குறைப்பதற்கும் பயன்படுகின்றது.

4·2. மின் சுற்றில் இணைக்கும் முறைகள்

திறனளவிகள் மின்சுற்றுகளில் இரு முறைகளில் இணைக்கப் படலாம். படம் 4·2-ல் மி.ஓ.சு. மற்றும் மி.அ.சு. இரண்டும் முறையே மின்னோட்டச் சுருள் மற்றும் மின்னழுத்தச் சுருள் ஆகியவற்றைக் குறிக்கின்றன. படம் 4·2 ‘அ’ வில் மின்னழுத்தச்சுருள் மின்னோட்டச்சுருளின் கொடுவாய் பக்கம் (supply side) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆகவே மின்னோட்டமானியிலுள்ள மின்னழுத்தக் குறைவு காரணமாக மானியின் மின்னழுத்தச் சுருளில் மின்னழுத்தம் சுமையின் மின்னழுத்தத்தை விடச் சற்று அதிக அளவாக இருக்கும். கருவி மின்னோட்டச்சுருளில் இழக்கும் திறனையும் சேர்த்து அளக்கிறது. படம் 4·2 ‘ஆ’ வில் காட்டியுள்ள இணைப்பில் மின்னழுத்தச்சுருள் எடுத்துக் கொள்ளும் மின்னோட்டமும் சேர்ந்து மின்னோட்டச் சுருளில் பாயும். ஆகவே கருவி சுமை திறனுடன் மின்னழுத்தச்சுருளில் ஏற்படும் திறனிழப்பையும் சேர்ந்து காட்டும்.

சுமை மின்னோட்டம் குறைவாக இருந்தால், மின்னோட்டச்



(அ) (ஆ)

படம் 4·2

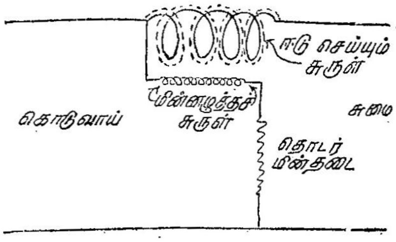
திறனளவியின் இருவகை இணைப்புகள்

சுருளில் ஏற்படக்கூடிய மின்னழுத்தக் குறைவு மிகக்குறைவாக இருக்குமாதலால் படம் 4·2 ‘அ’ வில் காட்டப்பட்டுள்ள இணைப்பு

முறை குறைந்த பிழையை உண்டாக்குகிறது. சுமை மின்னோட்டம் அதிகமாக இருந்தால் மின்னழுத்தச் சுருளில் ஏற்படும் திறனிழப்பு புறக்கணிக்கத்தக்கதாய் இருக்குமாதலால் படம் 4·2 'ஆ' வில் காட்டப்பட்டுள்ள முறையே சிறந்தது.

4·3. மின்னழுத்தச் சுருளில் ஏற்படும் திறனிழப்புக்கு ஈடு செய்தல்

சில திறனளவிகளில் மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்னோட்டம், மின்னோட்டச் சுருளில் செய்வதால் ஏற்படும் பிழையினைத் தவிர்க்க ஈடு செய்யும் சுருள் (compensating coil) பயன் படுத்தப்படுகின்றது. இந்த ஈடு செய்யும் முறை 4·3-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஈடு செய்யும் சுருள் இயன்ற வரையில் மின்னோட்டச் சுருளை முழுவதும் ஒத்ததாகவும் (identical) மின்னோட்டச் சுருளில் பொருந்துமாறும் அமைக்கப் பட்டிருக்கும். இவ்விரு சுருள்களின் காந்தவிளைவுகள் எதிராக இருக்குமாறு சுருள்கள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். ஆகவே இவ்விரு சுருள்களின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும் பொழுது தொகுப்பயன் காந்தப் புலன் பூச்சியமாக இருக்கும். ஈடு செய்யும் சுருள், மின்னழுத்தச் சுருள் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அனால் அதனுடைய காந்த விளைவு மின்னோட்டச் சுருளின் காந்த விளைவை எதிர்க்குமாறும் மின்னோட்டச் சுருளில் பாயும் மின்னழுத்தச் சுருளின் கூறை (component) நடு நிலை செய்யுமாறும் (neutralizes) அமைக்கப் பட்டுள்ளது.



படம் 4·3
ஈடு செய்யும் சுருள் இணைப்புகள்

எடுத்துக் காட்டு 4·1

ஒரு மின்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் திறனளவியின் காட்சிப்பதிவு 1600 வாட்டுகள். அதனுடைய மின்னழுத்தச் சுருள் சுமைக்கு எதிராக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. அதன் மின்தடை 3300 ஓம்கள். சுமை மின்னழுத்தம் 220 வோல்ட்களானல் சுமையின் உண்மையான திறன் என்ன ?

தீர்வு

சுமைக்கு எதிராக இணைக்கப்பட்டிருப்பதால், மின்னழுத்தச் சுருளின் திறனிழப்பையும் சேர்த்து திறனளவி காட்டுகிறது.

$$\text{மின்னழுத்தச் சுருள் மின்னோட்டம்} = \frac{220}{3300} = \frac{1}{15} \text{ ஆ.}$$

மின்னழுத்தச் சுருளில் திறனிழப்பு $= 220 \times \frac{1}{15}$

$= 14 \cdot 67$ வாட்டுகள்.

∴ சுமையின் உண்மையான திறன் $= 1600 - 14 \cdot 67$

$= 1585 \cdot 33$ வாட்டுகள்.

எடுத்துக் காட்டு 4·1

ஒரு 500 வோல்ட், 20 ஆம்பியர் திறனளவியின் மின்னழுத்தச் சுருள் மின்தடை 25,000 ஓம்கள்; மின்னோட்டச்சுருள் மின்தடை 1 ஓம் இருஇணைப்பு முறைகளில் கீழ்க்கண்ட சுமைகளில் சதவிகிதப் பிழையைக் கண்டுபிடி. மின்னழுத்தச் சுருளின் மின் நிலைமம் புறக் கணிக்கத் தக்கது.

சுமை திறன் கூறு—1 ; சுமை மின்னழுத்தம்—500 வோல்ட்கள்.

சுமை மின்னோட்டம் (அ) 8 ஆம்பியர் (ஆ) 24 ஆம்பியர்

தீர்வு

1. படம் 4·2 ‘ அ ’ வில் காட்டிய இணைப்பு முறை.

அ) மின்னோட்டச்சுருளில் மின்னழுத்தச் சரிவு

$= 8 \times 1 = 8$ வோல்ட்கள்

மின்னழுத்தச் சுருளில் மின்னழுத்தச் சரிவு

= சுமை மின்னழுத்தம் + மின்னோட்டச் சுருளில் மின்னழுத்தச் சரிவு

$= 500 + 8 = 508$ வோல்ட்கள்

திறனளவியின் காட்சிப்பதிவு

= மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்னழுத்தம் × மின்னோட்டச் சுருளில் மின்னோட்டம் × திறன் கூறு

$= 508 \times 8 \times 1 = 4064$ வாட்டுகள்

சுமையின் திறன் $= 500 \times 8 = 4000$ வாட்டுகள்

சதவிகிதப் பிழை $= \frac{\text{காட்சிப்பதிவு} - \text{உண்மை திறன்}}{\text{உண்மை திறன்}} \times 100$

$= \frac{4064 - 4000}{4000} \times 100$

$= \frac{64}{4000} \times 100 = 1 \cdot 6\%$ அதிகம்

(ஆ) மின்னோட்டச் சுருளில் மின்னழுத்தச் சரிவு.

$= 24 \times 1 = 24$ வோல்ட்கள்

மின்னழுத்தச் சுருளில் மின்னழுத்தச் சரிவு

$= 500+24 = 524$ வோல்ட்கள்

சதவிகிதப்பிழை $= \dfrac{524 \times 24 - 500 \times 24}{500 \times 24} \times 100$

$= 4{\cdot}8\ \%$ அதிகம்

மின்னழுத்தச் சுருளில் மின்னோட்டம்

$= \dfrac{500}{25000} = 0{\cdot}02$ ஆ.

(அ) மின்னோட்டச் சுருளில் மின்னோட்டம்

= சுமை மின்னோட்டம் + மின்னழுத்தச் சுருளில் மின்னோட்டம்

$= 8+0{\cdot}02 = 8{\cdot}02$ ஆ.

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்னழுத்தம்

= சுமை மின்னழுத்தம் = 500 வோல்ட்கள்

காட்டப்பட்ட திறன் $= 500 \times 8{\cdot}02 = 4010$ வாட்டுகள்

சுமை திறன் $= 500 \times 8 = 4000$ வாட்டுகள்

சதவிகிதப் பிழை $= \dfrac{4010-4000}{4000} \times 100$

$= 0{\cdot}25\%$ அதிகம்

(ஆ) மின்னோட்டச் சுருளில் மின்னோட்டம்

$= 24+0{\cdot}02 = 24{\cdot}02$ ஆ.

காட்டப்பட்ட திறன் $= 500 \times 24{\cdot}02$

$= 12010$ வாட்டுகள்

சுமை திறன் $= 500 \times 24 = 12000$ வாட்டுகள்

சதவிகிதப் பிழை $= \dfrac{12010-12000}{12000} \times 100$

$= \dfrac{1000}{12000} = 0{\cdot}0833\ \%$ அதிகம்

எடுத்துக் காட்டு 4·3

ஒரு திறனளவியின் மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்தடை 15000 ஓம்கள். அச்சுருள் ஒரு ஈடுசெய்யும் சுருளுடன் தொடராக

இணைக்கப்பட்டு கொடுவாய் பக்கம் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. கொடுவாய் மின்னழுத்தம் 300 வோல்ட்கள். சுமையில்லாதபொழுது திறனளவியில் காட்சிப்பதிவு இருக்குமா? இருக்குமானால் ஏன்? எவ்வளவு?

தீர்வு

காட்சிப்பதிவு இருக்கும். ஏனெனில் ஈடு செய்யும் சுருளில் பாயும் மின்னழுத்தச்சுருள் மின்னோட்டம் ஒரு பாயத்தை ஏற்படுத்தி மின்னழுத்தச் சுருளின் பாயத்துடன் எதிர்வினை செய்து குறிமுள்ளை விலகச் செய்கிறது.

சுமையில்லாத பொழுது, ஈடு செய்யும் சுருளில் மின்னோட்டம்

= மின்னழுத்தச் சுருள் மின்னோட்டம்

$$=\frac{300}{1500}=0{\cdot}02 \text{ ஆ.}$$

இம்மின்னோட்டம் கொடுவாய் மின்னழுத்தத்துடன் ஒரே நிலையில் இருக்கும்.

∴ திறனளவி காட்டும் திறன்

$$=300\times0{\cdot}02\times\text{கொசைன் } 0$$
$$=6 \text{ வாட்டுகள்.}$$

4·4 திறனளவியின் பிழைகள்

திறனளவியில் இணைப்பு முறைகளால் ஏற்படும் பிழைகளைத் தவிர மின்னழுத்தச்சுருளின் மின்நிலைமத்தாலும், மின்தேக்கு திறனாலும் மற்றும் சுழல் ஓட்டங்களாலும் பிழைகள் ஏற்படக்கூடும்.

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின் நிலைமம்

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்தடை — r_p

,, ,, மின்நிலைமம் — L_p

மின்னழுத்தச் சுருளுடன் தொடர்ச்சியாக இருக்கும் மின்தடை — R

மின்னழுத்தச் சுருள் மின்சுற்றின் மின்னழுத்தம் — V

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்னோட்டம் — i_p

i_p Vயை விட β பின் தங்குகிறது.

$$i_p=\frac{V}{\sqrt{(r_p+R)^2+w^2 L_e^2}}$$

$$\text{டேன் } \beta=\frac{wL_p}{r_p+R}$$

மின் தடை 'R' ஐ அதிகரிக்க, கோணம் 'β' குறைகிறது; ஆனுல் மின்னேட்டம் i_p குறைகின்றது. அலைவெண் அதிகரிக்க 'w' வும் அதனுல் 'β' வும் அதிகரிக்கின்றன. ஆனுல் மின்னழுத்தச் சுருளின் மின் மறுப்பு அதிகரிப்பதால் மின்னேட்டம் சிறிது குறைகிறது.

சுமை மின் சுற்றின் (load circuit) நிலைக்கோணம் α 'பின்' (lag) என்று வைத்துக் கொண்டால் திறனளவியின் விலக்கம் $I\, i_p$ கொசைன் $(\alpha-\beta)$க்கு விகித சமத்தில் இருக்கும். அதாவது $I\,\frac{V}{Z_p}$ கொசைன் $(\alpha-\beta)$க்கு விகிதச்சமத்தில் இருக்கும்.

$$Z_p = \text{மின்னழுத்தச் சுருளின் மின் எதிர்ப்பு}$$
$$= \frac{r_p + R}{\text{கொசைன் } \beta}$$

ஆகவே விலக்கம்

$I\,\frac{V}{r_p + R}$ கொசைன் β கொசைன் $(\alpha-\beta)$ வுக்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும்.

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின் நிலைமம் பூச்சியம் என்று வைத்துக் கொண்டால் $\beta = 0$ ஆகவே, விலக்கம் $\frac{I\,V}{(r_p + R)}$ கொசைன் α வுக்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும். திறனளவி எல்லா அலைவெண்களிலும், திறன் கூறுகளிலும் சரியாக அளக்கும்.

$$\frac{\text{உண்மையான திறன்}}{\text{காட்சிப் பதிவு}} = \frac{\frac{I\,V}{(r_p+R)}\,\text{கொசைன் } \alpha}{\frac{I\,V}{(r_p+R)}\,\text{கொசைன் } \beta\ \text{கொசைன் } (\alpha-\beta)}$$

$$= \frac{\text{கொசைன் } \alpha}{\text{கொசைன் } \beta\ \text{கொசைன் } (\alpha-\beta)}$$

∴ உண்மையான திறன்

$$= \frac{\text{கொசைன் } \alpha}{\text{கொசைன் } \beta\ \text{கொசைன் } (\alpha-\beta)} \times \text{காட்சிப் பதிவு}$$

திருத்தக்காரணி (Correction factor)

உண்மையான, திறனைக் கண்டுபிடிக்க கருவியின் காட்சிப் பதிவை 'திருத்தக் காரணியால்' பெருக்க வேண்டும்.

$\alpha = 89°$ ∴ கொசைன் $\alpha = 0{\cdot}01745$

$\alpha - \beta = 88{\cdot}7°$ ∴ கொசைன் $(\alpha - \beta) = 0{\cdot}0224$

$$\text{உண்மைத் திறன்} = \left[\frac{\text{கொசைன் } \alpha}{\text{கொசைன் } \beta \cdot \text{கொசைன் } (\alpha - \beta)}\right] \times \text{காட்சிப் பதிவு}$$

$$\therefore\ 31{\cdot}4 = \frac{0{\cdot}01745}{1 \times 0{\cdot}0224} \times \text{காட்சிப் பதிவு}$$

$$\text{காட்சிப் பதிவு} = \frac{31{\cdot}4 \times 0{\cdot}0224}{0{\cdot}01745}$$

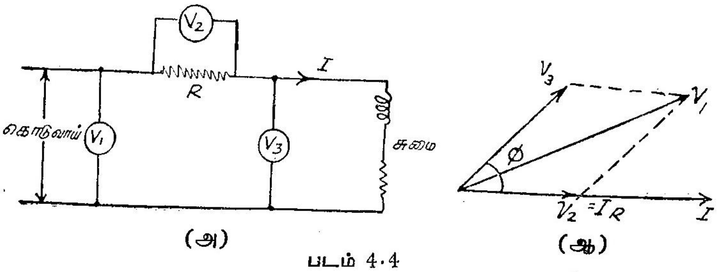
$$= 40{\cdot}3 \text{ வாட்டுகள்}$$

4·5. திறனளவியின்றி திறனை அளத்தல்

ஒரு மின் சுற்றிலுள்ள திறனை திறனளவியைப் பயன்படுத்தாமல் மூன்று மின்னழுத்தமானிகளோ அல்லது மூன்று மின்னோட்ட மானிகளோ பயன்படுத்தி அளக்கலாம். இவைகளுடன் தூண்டாத மின்தடையும் தேவைப்படும். அம்முறைகள் பின்வருமாறு :

மூன்று மின்னழுத்தமானிகள் முறை

சுமையுடன் தெரிந்த அளவுள்ள தூண்டாத ஒரு மின்தடை R-தொடராக இணைக்கப்பட்டு V_1, V_2, V_3 என்ற மூன்று மின்னழுத்த



படம் 4·4

மூன்று மின்னழுத்தமானி முறை :

மானிகள் படம் 4·4 'அ'-ல் காட்டப்பட்டுள்ளதைப்போல் இணைக்கப் படும். படம் 4·4 'ஆ'-வில் இவ்விணைப்பிற்குரிய நேரிய வரிப்பு காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. நேரியம் I குறிப்பீட்டு நேரியமாக எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டுள்ளது. சுமை மின்னழுத்தம் V_3. சுமை மின்னோட்டம் I. இரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள நிலைக்கோணம் ϕ. ஆகவே, சுமையின் திறன் $= V_3 \times I \times$ கொசைன் ϕ

நேரிய வரிப்பிலிருந்து,

$$V_1^2 = V_2^2 + V_3^2 + 2\ V_2\ V_3 \text{ கொசைன் } \phi$$

மின்னழுத்தமானிகள் V_2, V_3 இவைகள் எடுத்துக்கொள்ளும் மின்னோட்டம் புறக்கணிக்கத் தக்கது என்றால்,

$$V_2 = I\,R$$

$$\therefore\ V_1^2 = V_2^2 + V_3^2 + 2\,I\,R\,V_3 \text{ கொசைன் } \phi$$

$$\text{திறன்} = I\,V_3 \text{ கொசைன் } \phi$$

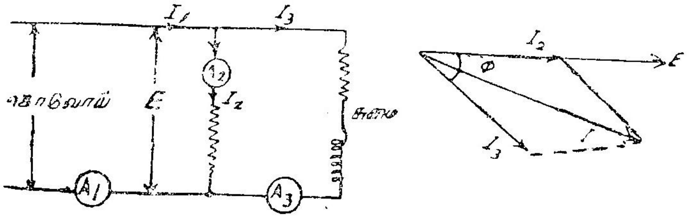
$$= \frac{V_1^2 - V_2^2 - V_3^2}{2\,R}$$

இவ்வமைப்பிலிருந்த திறன் கூறையும் கண்டுபிடிக்கலாம்.

$$\text{கொசைன் } \phi = \frac{V_1^2 - V_2^2 - V_3^2}{2\,V_2\,V_3}$$

மூன்று மின்னோட்டமானிகள் முறை

இம்முறைக்கான இணைப்பு படம் 4·5 'அ'-வில் காட்டப்



(அ) (ஆ)

படம் 4·5

மூன்று மின்னோட்டமானி முறை

பட்டுள்ளது. A_1, A_2, A_3 மூன்று மின்னோட்டமானிகள். I_1, I_2, I_3 முறையே அம்மூன்று மின்னோட்டமானிகள் அளக்கும் மின்னோட்டங்கள். இவ்வமைப்பிற்கான நேரிய வரிப்பு படம் 4·5 'ஆ'-வில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

$$\text{திறன்} = V\,I_3 \text{ கொசைன் } \phi$$

நேரிய வரிப்பிலிருந்து

$$I_1^2 = I_2^2 + I_3^2 + 2\,I_2\,I_3 \text{ கொசைன் } \phi$$

ஆனால், $I_2 = \dfrac{V}{R}$

$$\therefore\ I_1^2 = I_2^2 + I_3^2 + 2\,\frac{V}{R}\cdot I_3 \text{ கொசைன் } \phi$$

$$\text{சுமைத் திறன்} = V\,I_3 \text{ கொசைன் } \phi$$

$$= \frac{(I_1^2 - I_2^2 - I_3^2)\,R}{2}$$

$$\text{திறன்கூறு} = \frac{(I_1^2 - I_2^2 - I_3^2)}{2\,I_2\,I_3}$$

எடுத்துக்காட்டு 4·5

ஒரு சுமையின் திறனை மூன்று மின்னழுத்தமானிகள் முறையில் அளக்கும்பொழுது கீழ்க்கண்ட மின்னழுத்தங்கள் அளக்கப்பட்டன. கொடுவாய் மின்னழுத்தம் 146 வோ. தூண்டாத 6 ஓம்கள் மின் தடைக்கு எதிரான மின்னழுத்தம் 88 வோ. சுமை மின்னழுத்தம் 106 வோல்ட். சுமையின் திறனையும், மின்நிலைமம் மற்றும் மின் தடை ஆகியவற்றையும் கண்டுபிடி.

தீர்வு

$$V_1=146\;;\;V_2=88\;;\;V_3=106\;;$$

$$I=\text{மின்னோட்டம்}\quad R=6\;\Omega$$

$$\text{சுமையின் திறன்}=\frac{V_1^2-V_2^2-V_3^2}{2\,R}$$

$$=\frac{146^2-88^2-106^2}{12}$$

$$=1048\ \text{வாட்டுகள்}$$

$$\text{திறன் கூறு}=\frac{V_1^2-V_2^2-V_3^2}{2\times V_2\times V_3}$$

$$=\frac{146^2-88^2-106^2}{2\times 88\times 106}=0{\cdot}674$$

$$\therefore\ \text{சைன்}\ \phi=0{\cdot}74$$

$$I=\frac{V_2}{R}$$

$$Z_L=\frac{V_3}{I}=\frac{V_3}{V_2/R}=\frac{R\,V_3}{V_2}$$

$$\therefore Z_L=\frac{106\times 6}{8}=7{\cdot}22\;\Omega$$

$$R_L=Z_L\ \text{கொசைன்}\ \phi$$

$$=7{\cdot}22\times 0{\cdot}674$$

$$=4{\cdot}86\ \text{ஓம்கள்}$$

$$X_L=7{\cdot}22\times 0{\cdot}74$$

$$=5{\cdot}35\ \text{ஓம்கள்.}$$

எடுத்துக்காட்டு 4·6

ஒரு தூண்டாத 20 Ω மின்தடை ஒரு சுருளுடன் 200 வோல்ட் ; 50 அலைவு கொடுவாய்க்கு எதிராக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின்தடை மூலம் பாயும் மின்னோட்டம் 10 ஆம்பியர், சுருள் மின்னோட்டம் 8 ஆம்பியர். கொடுவாய் மின்னோட்டம் 15 ஆம்பியர்.

சுருள் எடுத்துக் கொள்ளும் திறன் மற்றும் அதன் திறன் கூறு ஆகியவைகளைக் கண்டுபிடி.

$$I_1 = 15 \qquad I_2 = 10 \qquad I_3 = 8$$

$$R = 20\Omega$$

$$\text{திறன்} = \frac{R(I_1^2 - I_2^2 - I_3^2)}{2}$$

$$= \frac{20\,(15^2 - 10^2 - 8^2)}{2}$$

$$= 10\,(225 - 100 - 64)$$

$$= 10 \times 61$$

$$= 610 \text{ வாட்டுகள்}$$

$$\text{திறன்கூறு} = \frac{I_1^2 - I_2^2 - I_3^2}{2 I_2 I_3}$$

$$= \frac{15^2 - 10^2 - 8^2}{2 \times 10 \times 8}$$

$$= \frac{61}{160}$$

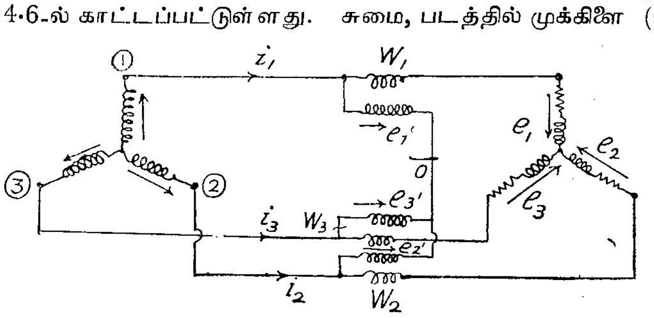
$$= 0{\cdot}371$$

4·6. முன்னிலைத்திறன் அளத்தல்

முன்னிலைத் திறனை (3 phase power) மூன்று, திறனளவிகளைக் கொண்டோ, இரண்டு அல்லது ஒரு திறனளவியைக் கொண்டோ அளக்கலாம். இந்த முறைகள் அந்தந்த முன்னிலை மின்சுற்றைப் பொறுத்து பயன்படுத்தப்படும். அவற்றைப் பின்வரும் பகுதிகளில் விளக்கமாகப் பார்ப்போம்.

4·7. மூன்று திறனளவிகள் முறை

மூன்று திறனளவிகளைக் கொண்டு திறனை அளக்கும் முறை படம் 4·6-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சுமை, படத்தில் முக்கிளை (star)



படம் 4·6

மூன்று திறனளவி கொண்டு முன்னிலைத் திறன் அளத்தல்.

இணைப்பு செய்யப்பட்டதாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. W_1, W_2 மற்றும் W_3 என்ற மூன்று திறனளவிகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. அம்புக் குறிகள் மின்னோட்டம், மின்னழுத்தம் இவைகளின் நேர்த்திசைகளை குறிக்கின்றன. படத்தில் e_1, i_1, e_2, i_2, e_3, i_3 முதலியவை கண மதிப்புகளைக் குறிக்கின்றன.

$\therefore$ கணத்திறன் $= e_1, i_1 + e_2, i_2 + e_3, i_3$

'v' என்பது சுமையின் முக்கிளை சந்திப்பிற்கும் (n) மின்னழுத்தச் சுருள்களின் முக்கிளை சந்திப்பிற்கும் (o) இடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு என்றால்

$$e_1' + v = e_1$$
$$e_2' + v = e_2$$
$$e_3' + v = e_3$$

$\therefore$ மொத்த கணத்திறன்

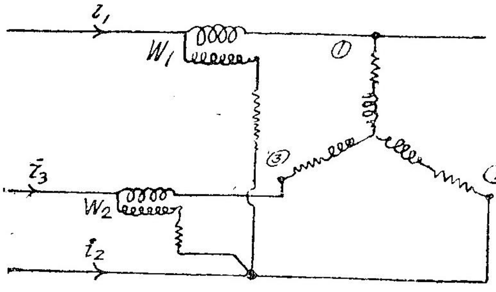
$$= (e_1' + v)\ i_1 + (e_2' + v)\ i_2 + (e_3' + v)\ i_3$$
$$= e_1'\ i_1 + e_2'\ i_2 + e_3'\ i_3 + v\ (i_1 + i_2 + i_3)$$
$$= e_1'\ i_1 + e_2' i_2 + e_3'\ i_3 + v \times o$$
$$= e_1'\ i_1 + e_2'\ i_2 + e_3'\ i_3$$

= மூன்று திறனளவிகளும் அளக்கும் கணத் திறனின் கூட்டுத் தொகை.

குறிப்பு: i_1, i_2, i_3 மும்னிலை மின்னமைப்பில் பாயும் மின்னோட்டங்கள். ஆகவே $i_1 + i_2 + i_3 = 0$.

4·8. இரு திறனளவிகள் முறை

பொதுவாக உபயோகத்தில் இருக்கும் முறை இதுவே. இம் முறை, குறிப்பாக, சரிசமனற்ற சுமைக்குப் பயன்படும். முக்கிளை



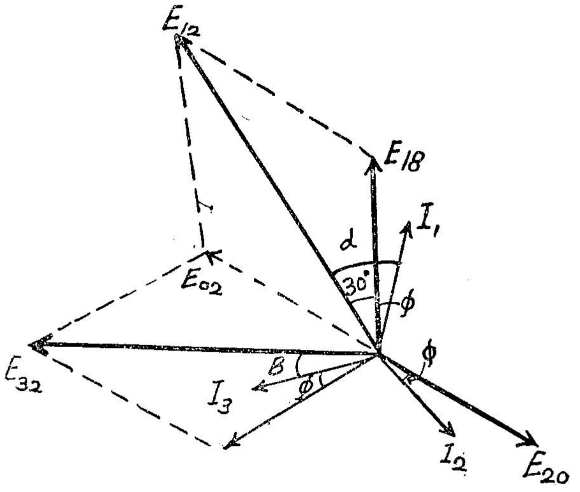
படம் 4·7

இரு திறனளவி கொண்டு மும்னிலைத் திறன் அளத்தல்

இணைப்பு செய்யப்பட்ட மும்னிலைச் சுமையில் திறன் அளக்கத் தேவையான இணைப்பு படம் 4·7-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இரு

திறனளவிகளின் மின்னோட்டச் சுருள்கள் படத்தில் காட்டியுள்ள படி மின்னோட்டவழி ஒன்றிலும், மூன்றிலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இரு மின்னழுத்தச் சுருள்களில் ஒன்று வழி 1, 2 க்கு இடையிலும், மற்றொன்று வழி 3, 2 க்கு இடையிலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

படம் 4·8-ல் இம்முறைக்கான நேரிய வரிப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது. சமமான சுமை என்று, அதாவது சுமை மின்னோட்டம் மற்றும் திறன்



படம் 4·8
நேரிய வரிப்பு — இரு திறனளவி முறை

கூறு மூன்று நிலைகளுக்கும் ஒன்றே என்று வைத்துக்கொண்டு வரிப்பு வரையப்பட்டுள்ளது.

E_{10}, E_{20}, E_{30} ஆகியவை நிலை மின்னழுத்தங்களைக் குறிக்கும் நேரியங்களாகும். I_1, I_2, I_3 ஆகியவை மூன்று மின் வழிகளிலும் ஓடும் மின்னோட்டங்களாகும். E_{12}, E_{32} ஆகியவை மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்னழுத்தங்கள். E_{12}, E_{32} ஆகியவை முறையே E_1, E_2 மற்றும் E_3, E_2 ஆகியவைகளின் நேரியக் கூடுதலாகும்.

கண மின்னழுத்தங்கள் e_1, e_2, e_3 என்றும் கண மின்வழி மின்னோட்டங்கள் i_1, i_2, i_3 என்றும் குறிக்கப்பட்டால்,

மொத்த கணத்திறன் $= e_1\, i_1 + e_1\, i_1 + e_2\, i_2 + e_3\, i_3$

ஆனால், $i_1 + i_2 + i_3 = 0$

$\therefore \quad i_2 = -i_1 - i_3$

∴ மொத்த கணத் திறன் $= e_1 i_1 + e_2(-i_1 - i_3) + e_3 i_3$

$= i_1(e_1 - e_2) + i_3(e_3 - e_2)$

$i_1(e_1 - e_2)$, திறனளவி W_1 காட்டக்கூடிய கணத்திறன்.

$i_3(e_3 - e_2)$, திறனளவி W_2 காட்டக்கூடிய கணத்திறன்.

α, I_1 மற்றும் E_{12} இவைகளுக்கு இடையே உள்ள கோணம் என்ருல் திறனளவி W_1 அளக்கும் திறன்,

$I_1 \times E_{12} \times$ கொசைன் α

β, I_3 மற்றும் E_{32} ஆகியவைகளுக்கு இடையே உள்ள கோணம் என்ருல், திறனளவி W_2 அளக்கும் திறன்,

$I_3 \times E_{32} \times$ கொசைன் β

$\alpha = 30° + \phi$

$\beta = 30° - \phi$

$I_1 = I_2 = I_3 = I$

நேரிய வரிப்பிலிருந்து,

$E_{12} = E_{32} = \sqrt{3}\, E = \sqrt{3} \times$ நிலை மின்னழுத்தம்.

திறனளவிகள் காட்டும் மொத்தத்திறன்

$= \sqrt{3} I E$ கொசைன் $(30° + \phi) + \sqrt{3} I E$ கொசைன் $(30° - \phi)$

$= \sqrt{3}\, I E\, [$கொசைன் $(30° + \phi) +$ கொசைன் $(30° - \phi)$

$= \sqrt{3}\, I E\, [2 \times$ கொசைன் $30° \times$ கொசைன் ϕ

$= \sqrt{3}\, I E \left[2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \text{கொசைன் } \phi \right]$

$= 3\, I E$ கொசைன் ϕ

= சுமையின் மொத்த திறன்.

எந்த ஒரு மின்னழுத்த மானியின் மின்னழுத்தத்திற்கும் அம் மானியில் செல்லும் மின்ளேட்டத்திற்கும் நிலை வேறுபாடு (α அல்லது β) 90°க்கு மேற்பட்டால் அது காட்டும் திறன் எதிர் (negative) ஆகிறது என்பதை கவனிக்க. அக் கருவியில் காட்சிப் பதிவு முன்ளேக்கு திசையில் இருக்க மின்ளேட்டச் சுருளின் இணைப்புகளை மாற்றி இணைக்கவேண்டும். அது காட்டும் திறனை எதிராகக்கொண்டு மொத்த சராசரித் திறன், இரு கருவிகள் காட்டும் திறனின் இயற்கணிதக் கூடுதலாகக் (algebraic sum) கொள்ள வேண்டும்.

குறிப்பு 1 : சுமையின் திறன் கூறு 0·5 (பின்) ஆனுல், அதாவது I_1 E_{10} ஐ விட 60° பின்தங்குகிறது என்ருல் E_{12}, I_1 இவைகளுக்கு

இடையே உள்ள நிலைக்கோணம் α, 90° ஆகிறது. ஆகவே திறனளவி W_1 பூச்சியத்தைக் காட்டும்.

குறிப்பு 2 : சுமையின் திறன் கூறு 1 ஆனால், அதாவது I_1ம், E_{10} ஒரே நிலையில் இருந்தால் E_{12}, I_1 இவைகளுக்கு இடையே உள்ள நிலைக்கோணம் αவும், E_{32}, I_3 ஆகியவைகளுக்கு இடையே உள்ள நிலைக்கோணம் βவும் 30° ஆகிறது. ஆகவே இரு திறனளவிகளும் சமமான நேர் அளவைக் காட்டுகின்றன.

குறிப்பு 3 : சுமையின் திறன் கூறு 0·5க்குக் கீழே பின் தங்கி இருந்தால், அதாவது I_1 மற்றும் E_{10} இவைகளுக்கு இடையே உள்ள கோணம் 60°க்கு மேலானால் திறனளவி W_1 எதிராகவும் W_2 நேராகவும் காட்சிப் பதிவு செய்யும்.

குறிப்பு 4 : குறிப்பு 1 மற்றும் 3–ல் கூறியுள்ள திறன் கூறுகள் பின்தங்காமல் முன்தங்கி திறனளவி W_1 க்கு பதிலாக W_2 முறையே பூச்சியத்தையும் எதிர்காட்சிப்பதிவையும் காட்டும்.

திறன் கூறு

மேற்கண்ட இரு திறனளவிகள் முறையைக் கொண்டு திறன். கூறைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

$$W_1 + W_2 = 3\,I\,E \text{ கொசைன் } \phi$$

$$W_1 - W_2 = \sqrt{3}\ I\ E\ [\text{கொசைன் } (30^\circ + \theta) - \text{கொசைன் } (30^\circ - \theta)]$$

$$= \sqrt{3}\,[-2 \text{ சைன் } 30^\circ \times \text{ சைன் } \phi]$$

$$= -\sqrt{3}\,I\,E \text{ சைன் } \phi$$

$$\therefore\ \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2} = \frac{-\sqrt{3}\ I\,E \text{ சைன் } \phi}{3\,I\,E \text{ கொசைன் } \phi}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ டேன் } \phi$$

$$\text{அதாவது, டேன் } \phi = -\sqrt{3}\ \frac{(W_1 - W_2)}{W_1 + W_2}$$

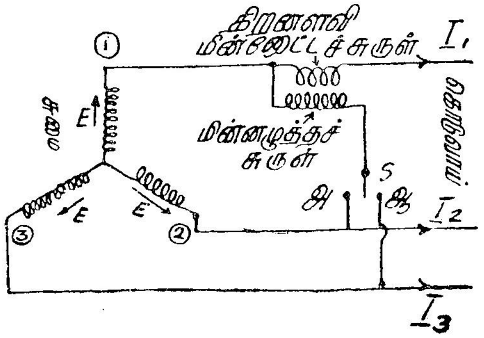
$$= -\sqrt{3}\ \frac{W_2 - W_1}{W_1 + W_2}$$

இதிலிருந்து கோணம் ϕயையும், திறன் கூறு கொசைன் ϕ யையும் கணக்கிடலாம்.

4·9. ஒரு திறனளவி முறை

இம்முறை சம சுமைக்கு மட்டுமே பயன்படும். முக்கிளை இணைப்பு செய்யப்பட்ட சுமையில் உபயோகப்படும் திறனைக்

கணக்கிடத் தேவையான அமைப்பு படம் 4·9-ல் காண்க. திறனளவி யின் மின்னோட்டச் சுருள் ஒரு மின்னோட்ட வழியிலும் மின் னழுத்தச் சுருளின் ஒருமுனை அதே வழியிலும் மற்றொரு முனை மீது

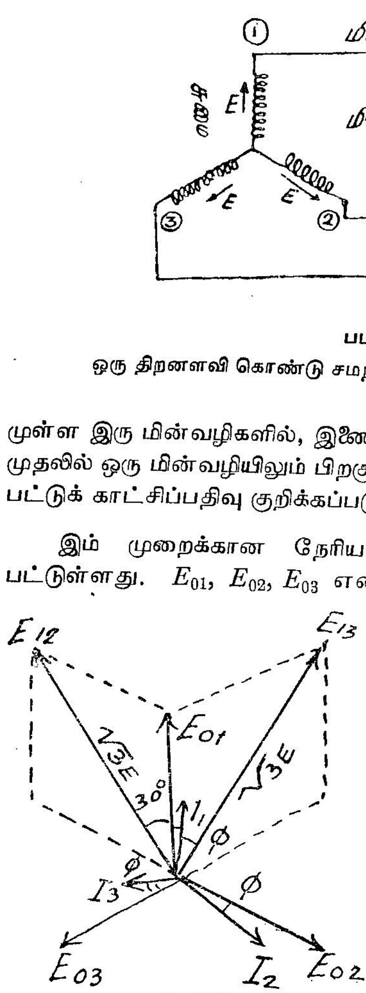


படம் 4·9

ஒரு திறனளவி கொண்டு சமநிலை முன்னிலைச் சுமை அளத்தல்.

முள்ள இரு மின்வழிகளில், இணைப்பி (Switch) ‘S’ உதவி கொண்டு முதலில் ஒரு மின்வழியிலும் பிறகு மற்றொரு மின்வழியிலும் இணைக்கப் பட்டுக் காட்சிப்பதிவு குறிக்கப்படும்.

இம் முறைக்கான நேரிய வரிப்பு படம் 4·10-ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. E_{01}, E_{02}, E_{03} என்பவை மூன்று நிலை மின்னழுத்தங் களையும், I_1, I_2, I_3 என்பவை மூன்று மின்வழி மின்னோட்டங் களையும் குறிக்கின்றன. சுமை சமமானதால்,



படம் 4·10

ஒரு திறனளவி முறைக்கான நேரிய வரிப்பு

$$E_{01} = E_{02} = E_{03} = E$$
$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

நிலை மின்னழுத்தங்களுக்கும் அந்தந்த மின் வழி மின்னோட்டங் களுக்கும் இடையிலுள்ள கோணம் மூன்றும் ϕக்கு சமம். படத்தில் நேரியம் E_{12} என்பது E_{01} மற்றும் E_{02} இவற்றிற்கு இடையே உள்ள நேரிய வேறுபாடு ஆகும். இணைப்பி ‘S’ ‘அ’ வுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் பொழுது அளவியின் மின்னழுத்தச் சுருளில் இணைக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் இதுவே ஆகும். இதைப் போலவே, E_{13} என்பது E_{01} மற்றும்

E_{C3} இவற்றின் நேரிய வேறுபாடு ஆகும். இணைப்பி ' S " ஆ ' வுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கும் பொழுது இதுவே அளவியின் மின்னழுத்தச் சுருளில் இணைக்கப்படும் மின்னழுத்தம் ஆகும்.

நேரிய வரிப்பிலிருந்து

$$E_{12} = E_{13} = \sqrt{3}\,E$$

இணைப்பி ' S ' ' அ ' வில் இருக்கும் பொழுது, திறனளவியின் காட்சிப்பதிவு = $\sqrt{3}\,EI$ கொசைன் $(30+\phi)$ இணைப்பி ' 3 ' ' ஆ ' வில் இருக்கும் பொழுது, திறனளவியின் காட்சிப்பதிவு = $\sqrt{3IE}$ கொசைன் $(30-\phi)$. இரண்டு திறனளவிகள் முறையில் காட்டியமாதிரி,

சுமையின் மொத்தத் திறன் = $\sqrt{3}EI$ கொசைன் $(30°+\phi)+$
$\sqrt{3}EI$ கொசைன் $(30°-\phi I.$
$= 3\,EI$ கொசைன் ϕ.

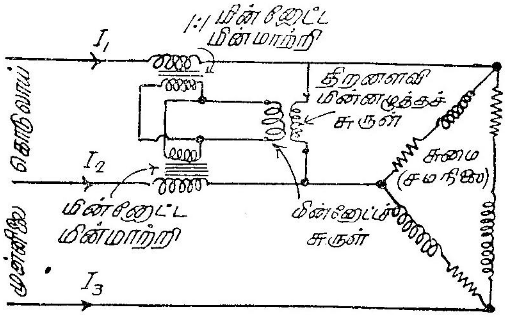
அதே போல் திறன் கூறு = கொசைன் ϕ

$$= \text{கொசைன்}\left\{\text{டேன்}^{-1}\ \frac{\sqrt{3}(W_2-W_1)}{W_1+W_2}\right\}$$

4·10. மின் நடுநிலைப்புள்ளி இல்லாத சமமான 3 நிலை மின்சுற்றில் திறன் அளத்தல்

மின் நடு நிலைப்புள்ளி (neutral point) இல்லாத சமமான முக்கோண இணைப்புடைய சுமையில் திறனை ஒரு திறனளவியும் மின் மாற்றியும் (transformer) கொண்டு அளந்திடலாம். இதை இரு முறையில் செய்யலாம்.

ஒரு முறையில் திறனளவியுடன் மின்னழுத்த மின் மாற்றி

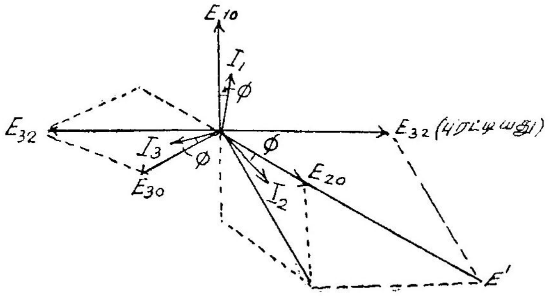


படம் 4·11

பார்லோவின் முன்னிலைத் திறன் அளக்கும் முறை

(potential transformer) பயன் படுத்தப்படும். படம் 4·11-ல் இம் முறையின் இணைப்பு காண்பிக்கப் பட்டுள்ளது. இதில் உள்ள மின்

மாற்றி 1:1 என்ற விகிதம் உடையது. இப்படத்திற்கான நேரிய வரிப்பு படம் 4·12-ல் காண்க.



படம் 4·12

படம் 4·11க்கான நேரிய வரிப்பு

E_{10}, E_{20}, E_{30} இவை கொடுவாயின் நிலை மின்னழுத்தங்கள், I_1, I_2, I_3 இவைகளுக்கு இவை மின்வழி மின்னோட்டங்கள் இடையே உள்ள நிலைக்கோணம் ϕ. திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருளில் மின்னோட்டம் I_2 பாய்கிறது. மின்னழுத்தச் சுருளில் உள்ள மின்னழுத்தம் E_{21} மற்றும் E_{23} இவைகளுக்குள்ள நேரிய வேறுபாடு ஆகும். E_{21}, E_{23} இரண்டும் எண் மதிப்பில் சமம். அவ்விரண்டிற்கும் அவைகளின் நேரிய வேறுபாடு E'க்கும் இடையே உள்ள நிலைக் கோணம் 30°. ஆகையால் E' E_{20} உடன் ஒரே நிலையில் உள்ளது. ஆகவே E' மற்றும் I_2 இவைகளுக்கு இடையே உள்ள நிலைக்கோணம் ϕ.

திறனளவி அளக்கும் திறன் $= E^1 I_2$ கொசைன் ϕ

ஆனால் $E_{10} = E_{20} = E_{30} = E$

$\therefore \quad E_{21} = E_{32} = \sqrt{3}E$

$I_1 = I_2 = I_3 = I$

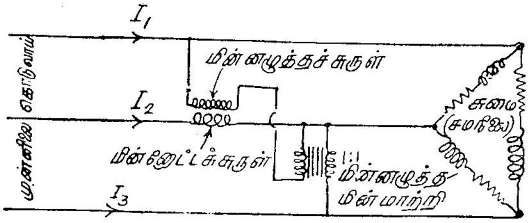
$\therefore$ திறனளவு அளக்கும் திறன் $= E^1 I_2$ கொசைன் ϕ

$= 3\,E\,I$ கொசைன் ϕ

= மொத்தத் திறனின் சராசரி மதிப்பு.

மேற்கண்டதில் மின்னழுத்த மின் மாற்றியின் பிழைகள் கருதப்படவில்லை என்பதைக் கருத்தில் கொள்க.

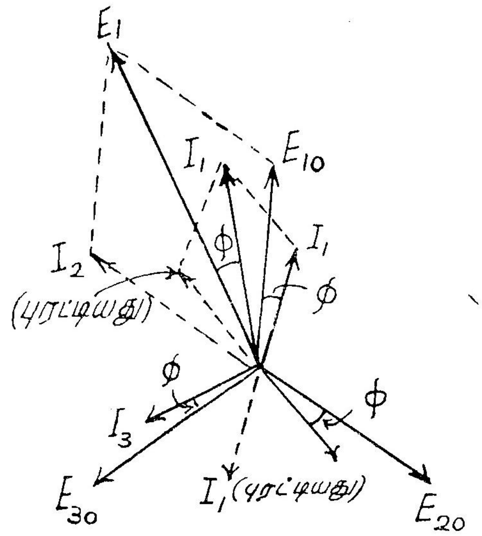
மற்றொரு அளக்கும் முறையில் ஒரு திறனளவியும் இரு மின்னோட்ட மின் மாற்றிகளும் படம் 4·13-ல் காட்டியுள்ள மாதிரி



படம் 4·13

பார்லோவின் முன்னிலைத் திறன் அளக்கும் (மாற்று) முறை

பயன் படுத்தப்படும். படம் 4·14-ல் அதனுடைய நேரிய வரிப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 4·14

படம் 4·13 க்கான **நேரிய வரிப்பு**

சமமான சுமையாதலால்,

$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

$$E_{10} = E_{20} = E_{30} = E$$

இவைகளுக்கு இடையே உள்ள நிலைக்கோணம் ϕ.

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்னழுத்தம் E^1. இது E_{10} மற்றும் E_{20} இவற்றின் நேரிய வேறுபாடு ஆகும்.

அதாவது $E^1 = \sqrt{3}\,E$.

ஒரு மின்னோட்ட மின் மாற்றியின் துணைச்சுருணையில் (secondary winding) புரட்டிய (reversed) I_1 மற்றொன்றில் புரட்டிய I_2 ஆகியவை மின்னோட்டங்களாகும். திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம் I', இரு துணைச்சுருணைகளின் மின்னோட்டங்களின் நேரியக் கூடுதலுக்குச் சமமாகும்.

$$I' = \sqrt{3}\,I$$

I' மற்றும் E' ஆகியவைகளுக்கு இடையே உள்ள கோணம் ϕ.

திறனளவி அளக்கும் திறன் $= E'\ I'$ கொசைன் ϕ

$= \sqrt{3}\,E\ \sqrt{3}\,I$ கொசைன் ϕ

$= 3\ E\ I$ கொசைன் ϕ

= சுமையில் உள்ள மொத்தத் திறன்.

எடுத்துக்காட்டு 4·7

ஒரு திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருள் மின் வழி R-லும், மின்னழுத்தச் சுருள் மின் வழி R மற்றும் சுமையின் முக்கிளை இணைப்பு இவற்றிற்கு இடையிலும் இணைக்கப்பட்டு 4·62 கி. வாட்டுகள் காட்டுகிறது. சுமை சமநிலை (balanced) உடையது. கொடுவாய் மின்னழுத்தம் முன்னிலை, 400 வோல்ட்கள். மின்வழி மின்னோட்டம் 25 ஆ. சுமையின் திறன் கூறு கண்டுபிடிக்கவும்.

இச்சுமையின் திறன் இரு திறனளவி முறையில் அளக்கப்பட்டால் திறனளவிகளின் காட்சிப்பதிவு என்னவாக இருக்கும்?

தீர்வு

திறனளவி ஒரு நிலைத்திறனை அளக்கிறது. சுமை சமநிலை உடையதாகையால்,

மொத்தத் திறன் $= 3 \times 4{\cdot}62 = 13{\cdot}86$ கி.வா.

$V = 400$; $I = 25$ திறன் கூறு = கொசைன் ϕ.

$\sqrt{3} \times 400 \times 25 \times$ கொசைன் $\phi = 13{\cdot}86 \times 1000$

∴ கொசைன் $\phi = \dfrac{13{\cdot}86 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400 \times 25}$

$= 0{\cdot}8$

$\phi =$ கொசைன் $^{-1}\,0{\cdot}8 = 36{\cdot}9^\circ$

∴ திறன் கூறு $= 0{\cdot}8$

இரு திறனளவி முறையில்,

$$W_1 = V \times I \times \text{கொசைன்}\ (30^\circ - \phi)$$
$$= 400 \times 25 \times \text{கொசைன்}\ (-6{\cdot}9^\circ)$$
$$= 9965\ \text{வாட்டுகள்}$$
$$W_2 = V \times I \times \text{கொசைன்}\ (30^\circ + \phi)$$
$$= 400 \times 25 \times \text{கொசைன்}\ 66{\cdot}9^\circ$$
$$= 3920\ \text{வாட்டுகள்}$$

எடுத்துக்காட்டு 4·8

ஒரு 2000 வோல்ட், 50 அலைவு, முன்னிலை மின்னோடி முழுச் சுமையுடன் ஓடும்பொழுது அது உபயோகிக்கும் திறன் இரு திறனளவி முறையில் அளக்கப்படுகிறது. ஒரு திறனளவியின் காட்சிப்பதிவு 300 கி.வா. மற்றொன்று 100 கி.வா. அம் மின்னோடியின் மின் வழி மின்னோட்டத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு

$$\text{மின்னோடி உபயோகிக்கும் மொத்தத் திறன்} = W_1 + W_2$$
$$= 300 + 100$$
$$= 400\ \text{கி.வா.}$$

$$\text{டேன்}\ \phi = \sqrt{3}\ \frac{W_2 - W_1}{W_1 + W_2}$$
$$= \sqrt{3}\ \frac{100 - 300}{100 + 300}$$
$$= \sqrt{3}\ \frac{-200}{400} = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$
$$= -0{\cdot}866$$
$$\phi = \text{டேன்}^{-1}\ (-0{\cdot}866)$$
$$= -\ 40{\cdot}9^\circ$$

$$\text{திறன் கூறு} = \text{கொசைன்}\ \phi = \text{கொசைன்}\ (-40{\cdot}9)$$
$$= 0{\cdot}756\ (\text{பின்})$$

$$\sqrt{3}\ \ V\,I\ \text{கொசைன்}\ \phi = \text{திறன்}$$
$$\sqrt{3} \times 2000 \times I \times 0{\cdot}756 = 400 \times 1000$$
$$\therefore\ I = \frac{400 \times 1000}{\sqrt{3} \times 2000 \times 0{\cdot}756}$$
$$= 152{\cdot}8\ \text{ஆ.}$$

மின்னோடி மின் வழி மின்னோட்டம் = 152·8 ஆ.

எடுத்துக்காட்டு 4·9

ஒரு முன்னிலே, 3 கம்பி மின் அமைப்பின் திறனை அளக்க இரு திறனளவி முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. திறனளவி W_1 1095 வாட்டுகளும் W_2 365 வாட்டுகளும் காட்டுகின்றன. மின் அமைப்பின் திறன் கூறு என்ன ?

திறன் கூறு அதே மதிப்புடன், ஆனால் முன் தங்குவதாக (leading) இருந்தால் திறனளவிகளின் காட்சிப்பதிவு என்ன ?

தீர்வு

$$W_1 = 1095\,;\ W_2 = 365$$

$$\text{டேன் } \phi = -\sqrt{3}\,\frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}$$

$$= -\sqrt{3}\,\frac{1095 - 365}{1095 + 365}$$

$$= -\sqrt{3}\,\frac{730}{1460}$$

$$= -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$= -0{\cdot}866$$

$$\phi = \text{டேன்}^{-1}\,(-0{\cdot}866)$$

$$= -40{\cdot}9^\circ$$

$$\text{திறன் கூறு} = \text{கொசைன்}\,\phi = \text{கொசைன்}\,(-40{\cdot}9)$$

$$= 0{\cdot}756 \text{ (பின்)}$$

திறன் கூறு 'பின்' னிலிருந்து 'முன்' (lead) ஆகும்பொழுது திறன் கூறு கோணம், $-\phi$ ஆகிறது.

$$\text{ஆகவே புதிய } W_1 = \sqrt{3}\,E\,I\ \text{கொசைன்}\ \{30-(-\phi)\}$$

$$= \sqrt{3}\,E\,I\ \text{கொசைன்}\ (30+\phi)$$

$$= W_2$$

$$= 365 \text{ வாட்டுகள்}$$

$$\text{புதிய } W_2 = \sqrt{3}\,E\,I\ \text{கொசைன்}\ \{30+(-\phi)\}$$

$$= \sqrt{3}\,E\,I\ \text{கொசைன்}\ (30-\phi)$$

$$= W_1$$

$$= 1095 \text{ வாட்டுகள்.}$$

பயிற்சி 4

1. ஒரு திறனளவியின் 3000 Ω மின்னழுத்தச்சுருள் சுமைக்கு நேர் எதிராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் காட்சிப்பதிவு 650 வாட்டுகள். சுமை மின்னழுத்தம் 240 வோல்ட்கள் என்றால் சுமையின் உண்மையான திறன் எவ்வளவு?

2. 200 வோல்ட், 10 ஆம்பியர் இயங்களவி வகை திறனளவியின் மின்னோட்ட மற்றும் மின்னழுத்தச் சுருள்களின் மின்தடை முறையே 0·8 Ω மற்றும் 10,000 ஓம். ஒவ்வொரு வகை இணைப்பிலும் கீழ்க்கண்ட சுமைகளுக்குச் சதவிகிதப் பிழைகளைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

200 வோல்ட்; பின்தங்கும் திறன்கூறு 0·8 உடைய சுமை (அ) 2 ஆம்பியர் (ஆ) 10 ஆம்பியர்.

3. ஒரு திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருள் ஒரு மின்னோட்டமானி மற்றும் ஒரு தூண்டும் சுமையுடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரு மின்னழுத்தமானியும், திறனளவியின் மின்னழுத்த மின்சுற்றும் 400 அலைவு கொடுவாய்க்கு எதிராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டமானி, மின்னழுத்தமானி மற்றும் திறனளவியின் காட்சிப்பதிவு முறையே 4·5 ஆ, 240 வோ. மற்றும் 29 வா. மின்னழுத்த மின்சுற்றின் மின்தடை 4000 Ω; மின்நிலைமம் 5 மி. ஹெ. மின்னோட்டமானி மற்றும், மின்னோட்டச் சுருள் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மின்னழுத்தச் சரிவு புறக்கணிக்கத் தக்கது என்றால், திறனளவியின் காட்சிப் பதிவில் சதவிகிதப்பிழை என்ன?

4. ஓர் இயங்களவி வகை திறனளவியின் மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்தடை 600 ஓம்கள். அதனுடைய தொடர் மின்தடை 10,000 ஓம்கள். தொடர் மின்தடைக்கு இணையாக 16·67 மை. மை. பா. மின்தேக்கி ஒன்று இணைக்கப்பட்டுள்ளது. திறனளவி, 60 அலைவு ஒரு நிலைமின்சுற்றில் எல்லாத் திறன்கூறுகளிலும் சரியாக அளக்கிறது என்றால் மின்னழுத்தச் சுருளின் சுய மின்நிலைமம் என்ன?

5. ஒரு முன்னிலை மாறு மின்னோடியின் திறன் உபயோகத்தை அளக்கப் பயன்படும் இரு திறனளவிகளின் காட்சிப்பதிவும் 50 கிலோ வாட்டுகள். உபயோகப்படுத்தப்படும் திறன் மாறாமல் மின்னோடியின் திறன்கூறு 0·66 'முன்' ஆக மாறினால் இரு திறனளவிகளின் காட்சிப் பதிவைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

6. 434 வோல்ட்; 60 அலைவு, 4 கம்பி கொடுவாய் வடங்கள் அளிக்கும் திறனை அளக்கப் பயன்படும் இரு திறனளவிகளின் மின்னோட்டச் சுருள்கள் நிலை R மற்றும் நிலை Bயில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. வடத்தின் சுமை விவரங்கள்:

(அ) ஒரு முன்னிலை, முக்கோண இணைப்புடைய தூண்டு மின்னோடி. அதன் வெளிப்படும் திறன் 60 குதிரை சக்தி; திறப்பாடு 74%. திறன்கூறு 0·8 (பின்).

(ஆ) 24ஆ./ஒரு நிலை உள்ள ஒளிச் சுமை. நிலைவரிசை (phase sequence) RYB என்றால் இரு திறனளவிகளின் காட்சிப் பதிவுகளையும் மொத்தச் சுமையின் திறன் கூறையும் கண்டுபிடிக்கவும்.

7. ஒரு திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருள் R நிலையிலும், மின்னழுத்தச் சுருள் R நிலை மற்றும் நடுநிலைப்புள்ளி இவற்றிற்கு இடையிலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் காட்சிப்பதிவு 5·54 கி.வா. அது அளக்கும் முன்னிலை, சமநிலைச் சுமை 400 வோல்ட் 30 ஆ. மின்னோட்டச் சுருள் இணைப்புகளை மாற்றாமல் மின்னழுத்தச் சுருளை B மற்றும் Y நிலைகளுக்கு இடையே இணைத்தால் அளவியின் காட்சிப்பதிவு என்ன?

8. இரு முன்னிலை மாறு மின்னுக்கிகளுடன் ஒரு சமநிலைச்சுமை இணைக்கப் பட்டுள்ளது. திறன் அளக்கப் பயன்படுத்தப்படும் இரு திறனளவிகளின் காட்சிப் பதிவு 300 கி.வா. மற்றும் 900 கி.வா. மின்வழி மற்றும் இரு மாறு மின்னுக்கிகளின் மின்சுற்று ஆகியவற்றில் உள்ள மின்னோட்டமானிகளின் காட்சிப் பதிவு 5 : 4 : 3 என்ற விகிதத்தில் உள்ளன. ஒவ்வொரு மாறு மின்னுக்கியின் சுமையையும், இரு திறனளவிகளின் காட்சிப் பதிவையும் கண்டுபிடிக்கவும்.

9. மூன்று, தூண்டாத சம மின்தடை முக்கோண இணைப்பாக இணைக்கப் பட்டு, முன்னிலை, 440 வோல்ட் கொடுவாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அதன் மின்வழி மின்னோட்டங்கள் 50 ஆ., 80 ஆ. மற்றும் 100 ஆ. என்றால் மொத்தச் சுமை என்ன? திறனை அளக்க இணைக்கப்பட்டுள்ள இரு திறனளவிகளின் மின்னோட்டச் சுருள்கள் 50 ஆ. மற்றும் 100 ஆ. பாயும் மின்வழிகளில் இணைக்கப் பட்டிருந்தால் திறனளவிகளின் காட்சிப்பதிவு என்ன?

10. மூன்று மின்னோட்டமானிகள் முறையில் திறன் அளக்கப்படும்பொழுது தூண்டாத மின்தடை, சுமை மற்றும் கொடுவாய் மின்னோட்டங்கள் முறையே 2·5 ஆ., 4 ஆ., 5·6 ஆ. என்று தெரியவந்தது. கொடுவாய் மின்னழுத்தம் 300 வோல்ட் என்றால் கீழ்க்கண்டவைகளைக் கண்டுபிடிக்கவும் :

(அ) மின்தடை, (ஆ) சுமை மின் எதிர்ப்பு, (இ) மொத்த மின் மறுப்பு, (ஈ) சுமைத் திறன், (உ) சுமைத் திறன் கூறு, (ஊ) மொத்தத் திறன், (எ) மொத்தத் திறன் கூறு.

11. மூன்று மின்னழுத்தமானிகள் முறையில் திறன் அளக்கப்படும்பொழுது, தூண்டாத மின்தடை, சுமை மற்றும் கொடுவாய் இவற்றிற்கு எதிரான மின் னழுத்தங்கள் முறையே 75 வோ., 80 வோ., மற்றும் 140 வோ. மின்னோட்டம் 4 ஆம்பியர் என்றால் கீழ்க்கண்டவைகளைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

(அ) சுமை மின் எதிர்ப்பு, (ஆ) சுமைத் திறன், (இ) சுமைத் திறன் கூறு.

5. திறனளவிகள்
(Wattmeters)

5·1. திறனளவியின் வகைகள்

திறனளவிகளை உபயோகிக்கும் விதங்களைச் சென்ற அத்தியாயத்தில் பார்த்தோம். இந்த அத்தியாயத்தில் அவைகள் வேலை செய்யும் தத்துவங்களையும் (principles of working) அமைப்பு விபரங்களையும் பார்ப்போம். கீழ்க்கண்ட வகைத் திறனளவிகளைப் பற்றிப் பின்வரும் பகுதிகளில் காணலாம்.

(அ) இயங்களவி வகை (Dynamometer type).

(ஆ) தூண்டல் வகை (Induction type).

(இ) நிலை மின் வகை (Electrostatic type).

5·2. இயங்களவி வகை

இவ்வகைக் கருவிகள் வேலை செய்யும் தத்துவம் இரண்டாவது அத்தியாயத்திலேயே விளக்கப்பட்டது. நிலைச்சுருள் (fixed coil) திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருளாகவும், இயங்கும் சுருள் (moving coil), மின்னழுத்தச் சுருளாகவும் பயன்படுத்தப்படும். ஆகவே, நிலைச்சுருளில் மின்சுற்றின் மின்னோட்டமும், இயங்கும் சுருளில் மின்னழுத்தத்திற்கு விகித சமத்திலுள்ள மின்னோட்டமும் பாயும். மின்னழுத்தச் சுருளுடன் ஒரு பெரும் தூண்டாத மின் தடை (high non-inductive resistance) தொடராக இணைக்கப்படும்.

இவ்வகைத் திறனளவிகள் மேலும் இரு வகைகளாகவும் பிரிக்கப் படலாம். அவையாவன:

1. தொங்கும் சுருள் (suspended coil), முறுக்குக் கருவிகள் (torsion instruments).

2. சுழற்சித்தானம் அமைந்த சுருள் (pivoted coil), நேராகக் காட்டும் கருவிகள் (direct indicating instruments).

5·3. முறுக்குத் திறனளவிகள்

மின்னழுத்தச் சுருளாகிய தொங்கும் சுருள் ஒரு முறுக்கு முகட்டிலிருந்து (torsion head) ஓர் உலோகத் தொங்கல் (suspension) மூலம் தொங்கவிடப்படுகிறது. அந்த உலோகத் தொங்கல் சுருளுக்கு மின் இணைப்பாகவும் பயன்படுகிறது. இந்தச் சுருள் மின்னோட்டச் சுருளாகிய, நிலையான சுருளின் உள்ளே முழுமையாக இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அமைப்பு நிலையில்லாததாக (astatic) இருக்குமாறு இந்தச் சுருள் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. முறுக்கு முகட்டில் அளவுத் திட்டம் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. உபயோகப் படுத்தும்பொழுது இயங்கும் சுருள் பூச்சிய நிலையிலிருந்து விலகும். அதனை மீண்டும் பூச்சிய நிலைக்குக் கொண்டுவர முறுக்கு முகட்டினைத் திருப்பவேண்டும். முறுக்கு முகடு திருப்பப்பட்ட பிரிவுகளின் (divisions) எண்ணிக்கையைக் கருவியின் மாறிலியால் பெருக்க திறன் கிடைக்கும். இக் கருவிகள் பெரும்பாலும் படித்தரக் கருவிகளாகவே உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன.

மின்னோட்டச் சுருளைக் கம்பி இழைகளால் சுற்றுவதன் மூலமும், கருவியின் காந்தப் புலனுக்குள் உலோக பாகங்கள் இல்லாதவாறு அமைப்பதன் மூலமும் சுழல் ஓட்டப் பிழைகள் குறைக்கப்படும்.

டிரிஸ்டேல் (Drysdale) ஒரு கட்ட நிலையில்லாத (astatic) திறனளவியின் அமைப்புப் பின்வருமாறு இருக்கும். இயங்கும் சுருள் ஒரு மைக்கா (mica) பட்டையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இச்சுருள் இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு மின்னோட்டம் ஒரு பகுதியில் வலஞ்சுழியாகவும் (clockwise), மற்றொரு பகுதியில் இடஞ்சுழியாகவும் (anticlockwise) பாயும். இச்சுருள், சுருள்வில் (spiral spring) ஒன்றுடன் இணைந்த பட்டு இழை (silk fibre) ஒன்றின் மூலம் தொங்குகிறது. இவ்வமைப்பு தேவையான முறுக்கைத் தருகிறது.

இதைப்போலவே நிலையான சுருளும் மின்னோட்டம் எதிர்த் திசைகளில் ஓடுமாறு இருபகுதிகளாகப் பிரித்துச் சுற்றப்பட்டிருக்கிறது. நிலையான சுருளுக்குப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள வடம் (cable) ஒன்றிலிருந்து ஒன்று காப்பிடப்பட்ட (insulated) பத்து இழைகளைக் கொண்டதாக இருக்கும். இது ஒன்றாக இணைந்து இருக்கும் பத்து மின்னோட்டச் சுருள்களுக்குச் சமம். இப் பத்துச் சுருள்களும் வெளியே உள்ள திசை மாற்றிகளுடன் (commutators) இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இத் திசை மாற்றிகளைத் தொடராகவோ, இணையாகவோ, தொடர்-இணையாகவோ (series parallel) இணைத்துப் பல்வேறு நெடுக்கங்களைப் (ranges) பெறலாம்.

இயங்கும் சுருளுக்கு, இரு மெல்லிய பாஸ்வர வெண்கல நாரிழைகள் மூலம் மின்னோட்டம் செலுத்தப்படுகிறது. பதனுற்றிய

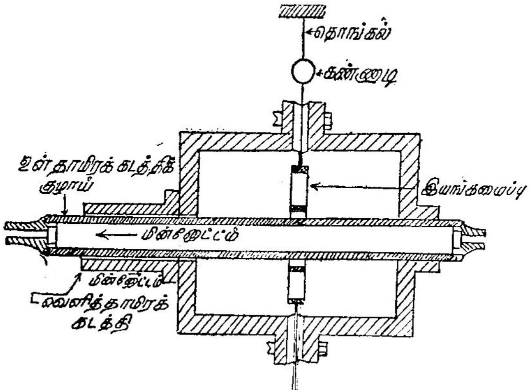
ஜெர்மன் வெள்ளிக் (German silver) கம்பியால் செய்யப்பட்ட முறுக்குக் கட்டுப்படுத்தலுக்கு மட்டுமே பயன்படும். வில்லின் நீளத்தைக் கவனமாக அமைப்பதன் மூலம் கருவி மாறிலியைத் தேவையான எண்ணிக்கையாகச் செய்துகொள்ளலாம்.

இயங்கும் அமைப்புடன், கருவியின் முன்புறம் இருக்கும் சிறிய அளவுத்திட்டத்தின்மேல் நகரும் கூரான விளிம்புடைய குறிமுள் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின்னழுத்தச் சுருளுடன் இணைக்கப் பட்டு மைக்கா தட்டு தேவையான ஒடுக்கல் ஏற்படுத்துகிறது. இக்கருவி 500 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் வரைதான் பயன்படுத்தத் தகுந்தது. அதற்கு மேற்பட்ட மின்னோட்டத்திற்குப் பின்வரும் திறனளவியே சிறந்தது.

5·4. அதிக மின்னோட்டப் படித்தரத் திறனளவிகள் (Heavy Current Standard Wattmeters)

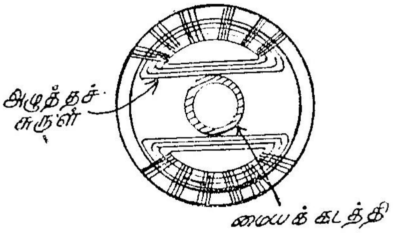
மூர் (Moore) என்பவரும், அக்நியூ (Agnew) என்பவரும் இருவித அதிக மின்னோட்டத் திறனளவிகளை அறிமுகப்படுத்தியிருக் கிறார்கள். இவை 5000 ஆம்பியர் வரை மின்னோட்டம் ஏற்கக் கூடியவை.

மூர் கருவியின் அமைப்பு படம் 5·1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் தண்ணீரைச் செலுத்திக் குளிரவைக்கக் கூடிய ஒரு குழாய் வடிவ (tubular) மையக் (central) கடத்தி உள்ளது. இது ஓர் உருளை



படம் 5·1 (அ)

மூர் பெரு மின்னோட்டப் படித்தரத் திறனளவி



படம் 5·1 (ஆ)
மூர் பெரு மின்னோட்டப் படித்தரத் திறனளவி

வடிவக் குழாயால் சூழப்பட்டிருக்கிறது. இக் குழாய் ஒரு முனையில் இணைக்கப்பட்ட இரு பகுதிகளால் ஆனது. இயங்கமைப்பு நேரான பகுதி கிடையாக (horizontal) உள்ள இரு 'D' வடிவச் சுருள்களைக் கொண்டது. இயங்கமைப்பு மையக் குழாய்க்கு ஒன்று கீழாகவும் இரு வெளிக்குழாய்க்குள்ளும் இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

5·5. நேராகக் காட்டும் திறனளவிகள்

முன் கூறிய திறனளவிகளைப் போலவே இவற்றிலும், நிலையான மின்னோட்டச் சுருள்களுக்கு உட்பட்ட இயங்கும் மின்னழுத்தச் சுருள்கள் உள்ளன. இயங்கும் சுருள், சுழற்சித்தானம் உடைய ஒரு கதிருடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதன் இயக்கம் வில்லால் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இயங்கமைப்புடன் ஒரு குறிமுள்ளும், வட்டக்கோணப் பகுதி வடிவுடைய ஒரு பெட்டிக்குள் நகரும் ஒடுக்கல் இதழும் (damping vane) இணைக்கப்பட்டுள்ளன. பெரு மின்னோட்டங்களுக்கான கருவிகளில் மின்னோட்டச் சுருள் தட்டடுக்கு (laminations) அமைப்பு உள்ளவையாகவோ இழைகளாலானவையாகவோ இருக்கும். இக்கருவிகள் சுமார் 200 ஆம்பியர் வரை பயன்படும். இதற்கு மேற்பட்ட மின்னோட்டம் உடைய மின் சுற்றுகளில் ஒரு மின்னோட்ட மின்மாற்றியுடன், குறைந்த நெடுக்கமுடைய திறனளவி பயன்படுத்தப்படும். இதைப்போலவே மின்னழுத்தச் சுருள் 600 வோல்ட்கள் வரை நேராகவே இணைக்கப்படும். இதற்கு மேற்பட்ட மின்னழுத்தங்களுக்கு 110 வோல்ட்கள் திட்ட அமைப்பு செய்யப்பட்ட திறனளவிகள் மின்னழுத்த மின்மாற்றியுடன் பயன்படுத்தப்படும். இக்கருவிகளில் உலோகப் பகுதிகள் இயன்ற வரை காந்தப் புலன்களிலிருந்து விலகியிருக்கவேண்டும்.

அறிமுறை

மின்னோட்டச் சுருளில் மின்னோட்டம் i_c கீழ்க்கண்டவாறு இருப்பதாக வைத்துக் கொள்வோம்.

$$i_c = I_{cm} \text{ சைன் } (wt - \phi)$$

இதைப்போலவே மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்னழுத்தம்,

$$v_p = V_{pm} \text{ சைன் } (wt)$$

மேற்கண்ட சமன்பாடுகளில் I_{cm}, V_{pm} இவை முறையே i_c, v_p இவற்றின் உச்ச மதிப்பைக் குறிக்கின்றன.

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின் நிலைமம் தவிர்க்கத் தக்கது என்றும், காந்தச் சுற்றுக்குள் இரும்பு இல்லை யென்றும், சுழல் ஓட்ட விளைவும் இல்லையென்றும் வைத்துக்கொள்வோம்.

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்தடை $= R$

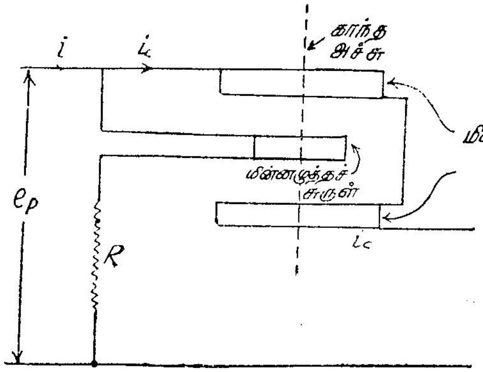
மின்னழுத்தச் சுருளின் சுற்றுகள் எண்ணிக்கை $= S_p$

மின்னோட்டச் சுருளின் சுற்றுகள் எண்ணிக்கை $= S_c$

மின்னழுத்தச் சுருளில் மின்னோட்டம் i_p $= \dfrac{e_p}{R}$

$$= \frac{V_{pm} \text{ சைன் } wt}{R}$$

இந்த i_p, v_p யுடன் ஒரே நிலையில் (in phase) இருக்கும்.



படம் 5·2

இயங்களவி வகைத் திறனளவி இணைப்புகள்

திறனளவியின் இணைப்பு படம் 5·2-ல் காண்க. மின்னழுத்தச் சுருளின் தளம் மின்னோட்டச் சுருளின் தளத்துக்கு இணையாக இருப்பதாகவும், அதன் வெட்டு முகப்பரப்பு A என்றும் வைத்துக் கொண்டால், அது ஏற்படுத்தும் பாயம்,

$$\Phi_m = K_1 A S_c i_c = K_2 S_c i_c$$

இதில் K_1, K_2 மாறிலிகள்

மின்னோட்ட மற்றும் மின்னழுத்தச் சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்று மின் நிலைமத்தின் (mutual inductance) உச்ச மதிப்பு,

$$M_m = K_2 S_c S_p$$

S_p சுற்றுகளும், மின்னோட்டம் i_p ஆகவும், பாயம் Φ ஆகவும் உள்ள ஒரு சுருளின் மின்னழுத்தம்

$$i_p S_p \Phi$$

படத்தில் காட்டிய நிலையிலிருந்து மின்னழுத்தச் சுருள் $\theta°$ விலகியிருந்தால் அதைச் சார்ந்த பாயம்,

$$\Phi_m \text{ கொசைன் } \theta.$$

அதன் மின்னழுத்தம்,

$$V = i_p S_p \Phi_m \text{ கொசைன் } \theta$$
$$= i_p S_p K_2 S_c i_c \text{ கொசைன் } \theta$$
$$= M_m \cdot i_p \cdot i_c \text{ கொசைன் } \theta$$

மின்னழுத்தச் சுருளின் இந்த நிலையில் சுழற்றுமை 'T' ஆனால், சுருள் ஒரு சிறிய கோணம் $d\theta$ நகருவதற்குச் செய்யவேண்டிய வேலை $Td\theta$ ஆகும். இதற்கு இணையான மின்னழுத்த மாறுதல் d_v என்றால்,

$$T\, d\theta = dV$$

$$\therefore T = \frac{dV}{d\theta}$$

$$= \frac{d\,(i_p \cdot i_c . M_m . \text{கொசைன் } \theta)}{d\theta}$$

$$= -i_p \cdot i_c . M_m \text{ சைன் } \theta$$

ஆகவே சுழற்றுமை கணநேர மதிப்பு,

$$T = \frac{V_{pm}}{R} \text{ சைன் } wt \cdot I_{cm} \text{ சைன் } (wt - \phi) \cdot M_m \text{ சைன் } \theta$$

சராசரிச் சுழற்றுமை,

$$T_m = \frac{1}{t'} \int_0^{t'} \frac{V_{Pm}\, I_{cm}\, M_m \text{ சைன் } \theta}{R} \text{ சைன் } wt \cdot \text{சைன் } (wt\text{-}\phi)\, dt$$

இதில் t' மாறு மின்சாரத்தின் அலை வடிவ நேரம் (period)

$$\therefore T_m = \frac{V_{pm} \cdot I_{cm} \cdot M_m \text{ சைன் } \theta}{R\, t'} \int_0^{t'} \text{சைன் } wt \cdot \text{ சைன் } (wt\text{-}\phi)\, dt$$

$$= \frac{V_{pm} \cdot I_{cm} \cdot M_m \text{ சைன் } \theta}{R t'} \int_0^{t'} \frac{\text{கொசைன் } \phi - \text{கொசைன் } (2 wt - \phi)}{2} dt$$

$$= \frac{V_{pm} \cdot I_{cm} \cdot M_m \text{ சைன் } \theta}{2 R} \text{ கொசைன் } \phi$$

$$= \frac{V_{pm}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_{cm}}{\sqrt{2}} \frac{M_m \text{ சைன் } \theta}{R} \text{ கொசைன் } \phi$$

$$= \frac{V_p \cdot I_e \cdot M_m \text{ சைன் } \theta}{R} \text{ கொசைன் } \phi$$

இதில் V_p, I_e இவை பயன் மதிப்பாகும்.

மின்னழுத்தச் சுருளில் உள்ள மின்னோட்டம் தவிர்க்கத்தக்க தாக வைத்துக் கொண்டால்,

$$I_e = I = \text{சுமை மின்னோட்டம்}$$

$$\therefore T_m = \frac{M_m \text{ சைன் } \theta}{R} V_p I \text{ கொசைன் } \phi$$

$$= \frac{M_m \text{ சைன் } \theta}{R} W$$

இதில் W என்பது மின்சுற்றின் திறன்.

விலக்கம் θ ஆக இருக்கும்பொழுது இரு சுருள்களுக்கும் இடையே உள்ள பரிமாற்று மின் நிலைமம்,

$$M = M_m \text{ கொசைன் } \theta$$

$$\frac{dM}{d\theta} = M_m \text{ சைன் } \theta$$

$$\therefore T_m = \frac{W}{R} \cdot \frac{dM}{d\theta}.$$

முறுக்கு வகைத் திறனளவிகளில் இயங்கு சுருள் பூச்சிய நிலைக்குத் திருப்பிக் கொண்டுவரப்படும்பொழுது $\theta = 90°$ ஆகும். மீட்சி சுழற்றுமை (restoring torque) முறுக்கு முகட்டின் முறுக்குக் கோணத்திற்கு (angle of twist) விகித சமத்தில் இருக்கும். மீட்சிச் சுழற்றுமை, விலக்கும் சுழற்றுமைக்குச் சமமாக இருக்க வேண்டுமாதலால்,

$$\frac{M_m \text{ சைன் } 90°}{R} \cdot W = k' \alpha$$

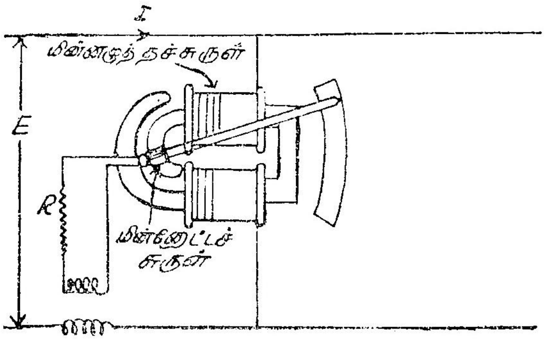
இதில் α என்பது முறுக்குக் கோணம்

$$\therefore W = \frac{R}{M_m} k' \alpha$$

$$= K \alpha$$

5·6. சம்ப்னர் இரும்பு-உள்ளகத் திறனளவி (Sumpner's Iron-cored Wattmeter)

சம்ப்னர் என்பவரால் ஓர் இரும்பு-உள்ளக இயங்களவி வகைக் கருவி அறிமுகப்படுத்தப்பட்டது. இவ்வகைக் கருவிகளில் தகட்டடுக்கு இரும்பு உள்ளகத்தைப் பயன்படுத்திச் செயல்படும் பாயங்களை அதிகரித்துச் செயல்படும் விசைகளும் அதிகரிக்கப்படுகின்றன. இக் கருவிகள் அதிக மின் நிலைமம் உடைய மின்னழுத்தச் சுருள் உடையவைகளாக இருந்தாலும் அவற்றின் காட்சிப் பதிவு, அலைவெண் மற்றும் அலைவடிவங்களின் சார்பற்றவையாக இருக்கும்.



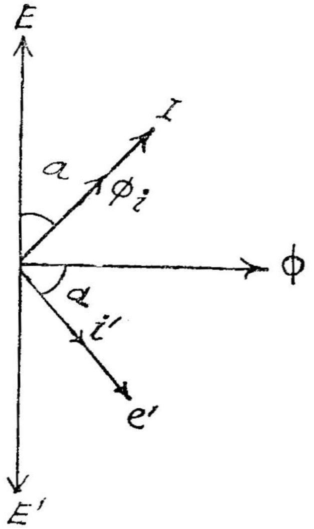
படம் 5·3

சம்ப்னர் இரும்பு உள்ளகத் திறனளவி நேரிய வரிப்பு

படம் 5·3-ல் காட்டியுள்ளபடி, அதிகக் காற்றிடைவெளியுள்ள ஒரு தகட்டடுக்கு காந்தம் கொடுவாய்க்கு (supply) நேராக இணைக்கப்பட்டுள்ள இரு மின்னழுத்தச் சுருள்களால் காந்தப்படுத்தப்படுகின்றது. இச்சுருள்களின் மின் நிலைமம் அவற்றின் மின் தடையை விட மிக அதிகம். ஆகவே, அவற்றில் தானே தூண்டப்படும் (self induced) மின் இயக்குவிசை 'E' கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் 'E'-க்குச் சமமாகக் கொள்ளலாம். இச்சுருள்களில் உள்ள மின்னோட்டம் தவிர்க்கத்தக்க அளவு குறைவு. இந்தத் தற்கோள்களுடன் (assumptions) அமைக்கப்பட்ட நேரிய வரிப்பு படம் 5·4-ல் காண்க. படத்தில் செயல்படும் பாயம் ϕ கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்திலிருந்து 90° பின்தங்குகிறது.

கருவியின் மின்னோட்டச் சுருள் சுழற்சித்தானமுடைய ஒரு கதிருடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இச்சுருளின் ஒரு பக்கம் காற்றிடைவெளியில் இருக்குமாறு கதிர், காந்தத்தின் ஒரு பக்கத்தில்

அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஆகவே, அப் பக்கம் செயல்படும் பாயத்தின் ஆதிக்கத்தில் இருக்கிறது. இம் மின்னோட்டச் சுருள் இரும்பு உள்ளகப் பரிமாற்று மின் நிலைமத்தின் துணைச்சுருளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இப் பரிமாற்று மின் நிலைமம் காந்தச் சுருளில் அதிகக்காற்றிடைவெளி உள்ள காரணத்தால் அதனுடைய காந்தத் தடை (reluctance) மாறிலியாக உள்ளது என்று கொள்ளலாம். இந்த மின் நிலைமத்தின் உள்ளகத்தில் உண்டாக்கப்படும் பாயம் ϕi அதனுடைய முதன்மைச் சுருளில் ஓடும் சுமை மின்னோட்டத்துடன் ஒரே கட்டத்தில் இருக்கிறது என்று வைத்துக் கொண்டால் அதன் துணைச் சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னழுத்தம் e' மின்னோட்டம் I யை விட 90° பின்தங்கும். துணைச் சுற்றின் மின்னோட்டம் i-ம் திறனளவியின் இயங்கும் சுருளின் மின்னோட்டமும் ஒன்றே ஆகும். தூண்டாத மின் தடை R-ன் காரணமாக மின்னோட்டம் i', e' உடன் ஒரே நிலையில் இருக்கும். செயல்படும் பாயம் Φ-க்கும், இப் பாயத்துடன் செயல் புரியும் இயங்கும் சுருளின் மின்னோட்டம் i-க்கும் இடையேயுள்ள நிலைக்கோணம் (phase angle) α ஆகும். இந்த α, E-க்கும், I-க்கும் உள்ள நிலை வேறுபாடு (phase difference) ஆகும். அதாவது இதுவே மின்சுற்றின் நிலைக்கோணமாகும்.



படம் 5·4
சம்ப்னர் இரும்பு உள்ளக திறனளவி நேரிய வரிப்பு

அறிமுறை

சுமை மின்சுற்றில் மின்னோட்டமும் மின்னழுத்தமும் சைன் வடிவமானது என்று வைத்துக்கொண்டால்,

$$v = V_m \text{ சைன் } wt$$
$$i = I_m \text{ சைன் } (wt - \alpha)$$

பரிமாற்று மின் நிலைமத்தின் துணைச்சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னழுத்தம் e'.

$$e' = -M \frac{di}{dt}$$
$$i' = -\frac{M}{R} \frac{di}{dt}$$

இவற்றில், M —பரிமாற்று மின் நிலைமம்

R — துணைச் சுற்றின் மொத்த மின் தடை. துணைச்சுற்றின் மின் நிலைமம் தவிர்க்கத் தக்கது.

$$\therefore\ i_1 = -\frac{M}{R} w\, I_m \text{ கொசைன் } (wt-\alpha)$$

மின்னழுத்தச் சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை $= S$

காந்தத்தில் பாயத்தின் மாறு வீதம் $= \dfrac{d\phi}{dt}$

$$v = -S\frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore\ d\phi = -\frac{v}{S}dt$$

$$\phi = -\int \frac{v\,dt}{S}$$

$$= -\int \frac{V_m}{S} \text{ சைன் } wt\, dt$$

$$= \frac{V_m}{wS} \text{ கொசைன் } wt$$

கணச் சுழற்றுமை $T \propto$ கணப்பாயம் $\times$ கண மின்னோட்டம் (instantaneous torque)

$$\therefore\ T_1 \propto \Phi\, i' - \frac{M}{R} w\, I_m \text{ கொசைன்}(wt-\alpha)\frac{V_m}{wS}\cdot\text{கொசைன் } wt$$

$$\propto I_m\, V_m \text{ கொசைன் } (wt-\alpha)\cdot \text{ கொசைன் } wt$$

சராசரிச் சுழற்றுமை $T_m \propto \dfrac{1}{t'}\displaystyle\int_0^{t'} I_m\, V_m \text{ கொசைன் } (wt-\alpha)\cdot \text{ கொசைன் } wt\cdot dt$

$$\propto \frac{1}{t'}\int_0^{t'} \frac{I_m\, V_m}{2}\{\text{கொசைன் } (2wt-\alpha) + \text{கொசைன் } \alpha\}\, dt$$

$$\propto \frac{I_m\, V_m}{2}\text{கொசைன் } \alpha$$

$$\propto I.\, V.\ \text{கொசைன் } \alpha$$

I, V இவையிரண்டும், முறையே மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்தம் இவற்றின் சராசரி வர்க்கமூல மதிப்பு ஆகும்.

ஆகவே, சராசரி சுழற்றுமை மின்சுற்றில் உள்ள திறனுக்கு விகித சமத்தில் உள்ளது. இது அலைவெண்ணின் சார்பற்றதாகும். I மற்றும் E இவற்றின் மற்ற அலைவடிவங்களானாலும் சுழற்றுமை

திறனுக்கு விகிதசமத்தில் உள்ளது என்றும், ஆகவே அலைவடிவம், அலைவெண் ஆகியவற்றின் சார்பற்றது என்றும் காண்பிக்க இயலும். வெவ்வேறு பரிமாற்று மின் நிலைமங்களைப் பயன்படுத்தி சம்பனர் திறனளவிகளின் நெடுக்கத்தை மாற்றிக் கொள்ளலாம்.

மேற்கண்ட அறிமுறைகளில் செயல்படும் பாயம் ϕ, மின்சுற்றின் மின்னழுத்தத்தை விடச் சரியாக 90° பின்தங்குகிறது என்றும், இயங்கும் சுருளின் மின்னோட்டம் 'i' சுமை மின்னோட்டம் I யை விடச் சரியாக 90° பின்தங்குகிறது என்றும் தற்கோள்கள் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளன. ஆனால், மின்னழுத்தச் சுருளின் மின் நிலைமத்தால் இந்த நிலை வேறுபாடுகள் முன்னதில் 90°ஐவிடக் குறைவாகவும், பின்னதில் 90°ஐவிடக் கூடுதலாகவும் உள்ளன. சுமையின் திறன் மிகக்குறைவாக இருந்தால் இப்பிழைகள் பொருட்படுத்த வேண்டிய அளவு இருக்கக்கூடும்.

எடுத்துக்காட்டு 5·1

ஓர் இயங்களவி வகைத் திறனளவியின் மின்னழுத்த மின்சுற்றின் மின்நிலைம மின்மறுப்பு (inductive reactance) அதன் மின் தடையில் 0·35%. இதனால் கீழ்க்கண்ட திறன் கூறுகளில் ஏற்படும் சதவீதப் பிழையையும் திருத்தக் காரணியையும் கண்டுபிடி.

(i) 0·5 பின்தங்கும் திறன் கூறு, (ii) 0·2 முன்னேறும் திறன்கூறு. மின்னழுத்த மின்சுற்றின் மின்தேக்கு திறன் தவிர்க்கத்தக்கது என்று கொள்ளவும்.

சென்ற அத்தியாயத்தில் காட்டியுள்ளபடி

$$\% \text{ பிழை} = \frac{\text{சைன் } \beta}{\text{காட் } \alpha + \text{சைன் } \beta} \times 100$$

$$\text{திருத்தக் காரணி} = \frac{\text{கொசைன் } \alpha}{\text{கொசைன் } \beta \cdot \text{கொசைன் } (\alpha - \beta)}$$

இதில் α = திறன் கூறு கோணம்

β = மின்னழுத்த மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் அதன் மின்னழுத்தத்திலிருந்து பின்தங்கும் கோணம்.

(i) திறன் கூறு 0·5

$$\therefore \alpha = \text{கொசைன்}^{-1}\ 0{\cdot}5 = 60^\circ$$

$$\text{டேன் } \beta = \frac{0{\cdot}35}{100}$$

$$\therefore \beta = 0{\cdot}2^\circ$$

$$\therefore \alpha-\beta = 60-0{\cdot}2^\circ = 59{\cdot}8^\circ$$

கொசைன் $(\alpha-\beta)$ = கொசைன் $59{\cdot}8^\circ$

$= 0{\cdot}5030$

கொசைன் β = கொசைன் $0{\cdot}2^\circ$

$\doteqdot 1$

சைன் β = சைன் 0.2°

$= 0{\cdot}0035$

காட் α = காட் 60°

$\therefore$ திருத்தக் காரணி $= \dfrac{0{\cdot}5}{1\times 0{\cdot}5030}$

$= 0{\cdot}994$

% பிழை $= \dfrac{0{\cdot}0035}{0{\cdot}0035+0{\cdot}5774}\times 100$

$= 0{\cdot}603\%$

(ii) திறன் கூறு $= 0{\cdot}2$

$\therefore \quad \alpha$ = கொசைன்$^{-1}$ $0{\cdot}2 = 78{\cdot}47^\circ$

$\beta = 0{\cdot}2^\circ$

$\therefore \quad \alpha-\beta = 78{\cdot}47^\circ - 0{\cdot}2^\circ = 78{\cdot}27^\circ$

கொசைன் $\alpha = 0{\cdot}2^\circ$

கொசைன் $\beta = 1$

கொசைன் $(\alpha-\beta)$ = கொசைன் $78{\cdot}47^\circ$

$= 0{\cdot}2034$

காட் α = காட் $78{\cdot}47^\circ$

$= 0{\cdot}2077$

சைன் $\beta = 0{\cdot}0035$

திருத்தக் காரணி $= \dfrac{0{\cdot}2}{1\times 0{\cdot}2034}$

$= 0{\cdot}9833$

% பிழை $= \dfrac{0{\cdot}0035}{0{\cdot}0035+0{\cdot}2077}\times 100$

$= 1{\cdot}66\%$

எடுத்துக்காட்டு 5·2

ஓர் இயங்களவி வகைத் திறனளவி ஒரு நிலைச்சுமை ஒன்றில் திறனை அளக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. சுமை மின்னழுத்தம்

120 வோல்ட் ; சுமை மின்னோட்டம் 8 ஆம்பியர், திறன்கூறு 0·1 பின்தங்கல். திறனளவி மின்னழுத்த மின்சுற்றின் மின்தடை 4000 ஓம்கள் ; மின்நிலைமம் 31·9 மி.ஹெ. மின்னழுத்த மின்சுற்று சுமைக்கு நேர்எதிராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. திறனளவிக் காட்சிப்பதிவில் ஏற்படும் சதவீதப் பிழையைக் கண்டுபிடி.

சுமையின் திறன் $= 120 \times 8 \times 0{\cdot}1$ வாட்டுகள்

$= 96$ வாட்டுகள்

நிலைக் கோணம் $=$ கொசைன்$^{-1}$$\cdot$01

$= 84{\cdot}27^\circ$

மின்னழுத்த மின்சுற்றின் நிலைமத்தைப் புறக்கணிக்க,

அச்சுற்றில் திறனிழப்பு $= \dfrac{120^2}{4000}$

$= 3{\cdot}6$ வாட்டுகள்

ஆகவே, திறனளவியின் காட்சிப் பதிவு $= 96 + 3{\cdot}6$

$= 99{\cdot}6$ வாட்டுகள்.

ஆனால், மின்னழுத்த சுருளின் மின்மறுப்பு $= 2 \times \pi \times 50 \times 31{\cdot}9 \times 10^{-3}$

$= 10$ ஓம்கள்

மின்னழுத்தச் சுருளின் நிலைக்கோணம் $\alpha =$ டேன்$^{-1}$ $\left(\dfrac{10}{4000}\right)$

$= 0{\cdot}15^\circ$

கொசைன் α $=$ கொசைன் $0{\cdot}15^\circ = 1$

கொசைன் ϕ $=$ கொசைன் $84{\cdot}27^\circ = 0{\cdot}1$

கொசைன் $(\alpha - \phi)$ $=$ கொசைன்$84{\cdot}12^\circ = 0{\cdot}1025$

$\therefore$ திருத்தக் காரணி $= \dfrac{1 \times 0{\cdot}1025}{0{\cdot}1} = 1{\cdot}025$

$\therefore$ திறனளவி காட்சிப்பதிவு $= 99{\cdot}6 \times 1{\cdot}025$

$= 102{\cdot}1$ வாட்டுகள்

$\therefore$ சதவீதப் பிழை $= \dfrac{102{\cdot}1 - 96}{96} \times 100$

$= 6{\cdot}4\%$ (அதிகம்)

எடுத்துக்காட்டு 5·3

0·1 ஓம் மின்தடையும் 0·02 ஹென்றி மின்நிலைமமும் உடைய ஒரு தூண்டு சுருள் (choke), 50 வோல்ட், 60 அலைவு கொடுவாயில்

இணைக்கப்படும்பொழுது எடுக்கும் திறனை அளக்க இயங்களவி வகை திறனளவி பயன்படுத்தப்படுகிறது. திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருளின் மின்தடை 0·05 ; மின்நிலைமம் 0. மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்தடை 1500 ஓம்கள் ; மின்நிலைமம் 0·004 ஹெ. மின்னழுத்தச் சுருள் கொடுவாய்க்கு நேராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. உண்மையான திறனையும், திறனளவி காண்பிக்கும் திறனையும் கண்டுபிடி.

$$\text{தூண்டு சுருளின் மின்தடை} = 0{\cdot}1 \text{ ஓம்}$$

$$\text{தூண்டு சுருளின் மின்மறுப்பு} = 2\times\pi\times 50\times 0{\cdot}02$$

$$= 6{\cdot}28 \text{ ஓம்}$$

$$\therefore \text{ தூண்டு சுருளின் மின்எதிர்ப்பு} = 0{\cdot}1 + j\,6{\cdot}28 \text{ ஓம்கள்}$$

$$\text{மின்னோட்டச் சுருளின் மின்மறுப்பு} = 0{\cdot}05 + j\,0 \text{ ஓம்கள்}$$

$$\therefore \text{ மொத்த மின்மறுப்பு (மின்னோட்டச் சுருள் உட்பட)}$$

$$= 0{\cdot}1 + j\,6{\cdot}28 + 0{\cdot}05 + 80 = 0{\cdot}15 + j\,6{\cdot}28$$

$$= 6{\cdot}29 \text{ ஓம்கள்}$$

$$\therefore \text{ சுமை மின்னோட்டம்} = \frac{60}{6{\cdot}29} = 9{\cdot}54 \text{ ஆம்பியர்}$$

$$\text{தூண்டு சுருள் உபயோகித்த திறன்} = (9{\cdot}54)^2 \times 0{\cdot}1$$

$$= 9{\cdot}1 \text{ வாட்டுகள்}$$

$$\alpha = \text{டேன்}^{-1}\frac{6{\cdot}28}{0{\cdot}15} = 88{\cdot}6^\circ$$

$$\text{மின்னழுத்தச் சுருள் மின்தடை} = 1500 \text{ ஓம்கள்}$$

$$\text{மின்னழுத்தச் சுருள் மின்மறுப்பு} = 2\times\pi\times 50\times 0{\cdot}004$$

$$= 1{\cdot}256 \text{ ஓம்}$$

$$\therefore\ \beta = \text{டேன்}^{-1}\left(\frac{1{\cdot}256}{1500}\right) = 0{\cdot}05^\circ$$

$$\alpha - \beta = 88{\cdot}6^\circ - 0{\cdot}05^\circ = 88{\cdot}55^\circ$$

$$\text{கொசைன் } (\alpha - \beta) = \text{கொசைன் } 88{\cdot}55^\circ = 0{\cdot}0238$$

$$\text{திறனளவி காட்டும் திறன்} = V\,I \text{ கொசைன் } \beta \times \text{கொசைன் } (\alpha - \beta)$$

$$= 60 \times 9{\cdot}54 \times 1 \times 0{\cdot}0238$$

$$= 13{\cdot}65 \text{ வாட்டுகள்}$$

எடுத்துக்காட்டு 5·4

89·4° நிலைக்கோணமும் 50 அலைவுகளும் உள்ள ஒரு சுமையின் திறன் இயங்களவி வகை திறனளவி கொண்டு அளக்கப்படுகிறது. திறனளவியின் மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்நிலைமம் 6 மி.ஹெ ; மின்

தடை 3000 ஓம்கள். சதவீதப் பிழை என்ன? மின்னோட்டச் சுருளின் மின்மறுப்பு புறக்கணிக்கப்படக்கூடியது. சுமை மின்னோட்டத்தை ஒப்பிடுகையில் மின்னழுத்தச் சுருள் மின்னோட்டம் தவிர்க்கத் தக்கது என்று கொள்க.

திறனளவி மின்னழுத்தச் சுருள் நிலைக்கோணம்,

$$\beta = \text{டேன்}^{-1}\left(\frac{2\times\pi\times50\times6\times10^{-3}}{3000}\right)$$

$$= 0{\cdot}033^\circ$$

$$\alpha = 89{\cdot}4^\circ$$

$$\text{காட் } \alpha = \text{காட் } (89{\cdot}4^\circ) = 0{\cdot}0105$$

$$\text{சைன் } \beta = \text{சைன் } 0{\cdot}033^\circ = 0{\cdot}000628$$

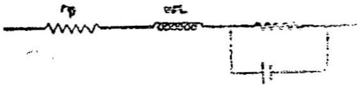
$$\%\ \text{பிழை} = \frac{\text{சைன் } \beta}{\text{காட் } \alpha + \text{சைன் } \beta}\times100$$

$$= \frac{0{\cdot}000628}{0{\cdot}0105+0{\cdot}000628}\times100$$

$$= 5{\cdot}65\%$$

எடுத்துக்காட்டு 5·5

ஒரு இயங்களவி வகை திறனளவி 50 அலைவு, ஒருநிலை மின் சுற்றுகளில் எல்லாத் திறன் கூறுகளிலும் பிழையின்றி அளக்கிறது. அதனுடைய மின்னழுத்தச் சுருள் மின்தடை 400 ஓம்கள். அதனுடன் தொடர் மின்தடை 10,000 ஓம்கள். இத் தொடர் மின்தடை 20 மை.மை.பா. மின்தேக்கி இணையாக இணைப்பதற்குச் சமமான மின்தேக்குத் திறன் உடையது. மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்நிலைமம் எவ்வளவு?



படம் 5·5

படம் 5·5 காண்க.

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்நிலைமம் $= L$

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்தடை $= r_p$

தொடர் மின்தடை $= r_s$

இணை மின்தேக்கு திறன் $= C$

இணை அமைப்பிற்கு சமமான மின்மறுப்பு $= \dfrac{1}{\dfrac{1}{r_s} + j\,w\,C}$

$$= \frac{r_s\,(1 - j\,w\,C r_s)}{1 + w^2\,C^2\,r_s^2}$$

$$r_s = 10000 \text{ ஓம்கள்} ; \ C = 20 \text{ மை.மை.பா} ; \ w = 2\pi \times 50$$

$$w\,C\,r_s = 2\times\pi\times 50\times 20\times 10^{-12}\times 10000$$
$$= 2\pi\times 10^{-5}$$

$$w^2\,C^2\,r_s^2 = (2\pi\times 10^{-5})^2 = 4\pi^2\times 10^{-10}$$

$$\therefore \frac{r_s(1-j\,w\,C\,r_s)}{1+w^2\,C^2\,r_s^2} = \frac{10000\,(1-j\,2\times\pi\times 10^{-5})}{1+4\pi^2\times 10^{-10}}$$
$$= 10000 - j\,0{\cdot}628 \text{ ஓம்கள்}$$

மின்னழுத்த மின்சுற்றின் மொத்த மின்மறுப்பு

$$= r_p + j\,w\,L_p + 10000 - j\,0{\cdot}628$$
$$= 400 + j\,w\,L_p + 10000 - j\,0{\cdot}628$$

திறனளவி எல்லாச் சுமைகளிலும் சரியாக அளக்க இம் மின்மறுப்பு ஒரு மின்தடையாக இருக்க வேண்டும். அதாவது, மின் எதிர்ப்பு பூச்சியமாக இருக்க வேண்டும்.

$$\therefore w\,L_p = 0{\cdot}628$$

$$L_p = \frac{0{\cdot}628}{2\pi\times 50} = \frac{1}{500} = 0{\cdot}002 \text{ ஹெ.}$$

$\therefore$ மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்நிலைமம் $= 2$ மி.ஹெ.

எடுத்துக்காட்டு 5·6

நேர் மின்சாரத்தில் சரியாகக் காட்டும் இயங்களவி வகை திறனளவி மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. கொடுவாய் 100 வோல்ட்; 50 அலைவுகள். சுமை மின்தடை 2 ஓம்கள்; மின் நிலைமம் 0·25 ஹெ. திறனளவியின் மின்னழுத்த மின்சுற்றின் மின் தடை 1000 ஓம்கள்; மின்நிலைமம் 5·6 மி.ஹெ. மின்னழுத்தச் சுருள் சுமை பக்கம் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மின்னோட்டச் சுருள் மின் எதிர்ப்பு தவிர்க்கத் தக்கது. திறனளவியின் காட்சிப் பதிவு என்ன?

சுமை மின் மறுப்பு $= 2 + j\,2\pi\times 50\times 0{\cdot}25$
$= 2 + j\,78{\cdot}5 = 78{\cdot}55$ ஓம்கள்

மின்னழுத்தச் சுருள் மின் மறுப்பு $= 1000 + j\,2\pi\times 50\times 5{\cdot}6 \times 10^{-3}$
$= 1000 + j\,1{\cdot}76 = 1000$ ஓம்கள்

$$\beta = \text{டேன்}^{-1}\left(\frac{1{\cdot}76}{1000}\right) = 0{\cdot}1^\circ$$

$$மின்னழுத்தச் சுருள் மின்னோட்டம் = \frac{100 + j\,0}{1000 + j\,1\cdot76}$$

$$= 0\cdot1 - j\,0\cdot000176 \text{ ஆ}$$

$$சுமை மின்னோட்டம் = \frac{100 + j\,0}{2 + j\,78\cdot5}$$

$$= 0\cdot0324 - j\,1\cdot274$$

∴ மின்னோட்டச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம்

$$= 0\cdot1 - j\,0\cdot000176 + 0\cdot0324 - j\,1\cdot274$$

$$= 0\cdot1324 - j\,1\cdot2742 \text{ ஆ.}$$

$$= 1\cdot28 \text{ ஆ.}$$

$$கொசைன் \alpha = \frac{0\cdot1324}{1\cdot2742} = 0\cdot1035$$

$$\alpha = கொசைன்^{-1}(0\cdot1035)$$

$$= 84\cdot1^\circ$$

$$\therefore \alpha - \beta = 84\cdot1 - 0\cdot1 = 84^\circ$$

கொசைன் $(\alpha - \beta)$ = கொசைன் $84^\circ = 0\cdot1049$

கொசைன் β = 1

திறனளவி காட்டும் திறன் = $100 \times 1 \times 1\cdot28 \times 1049$

= $13\cdot4$ வாட்டுகள்.

எடுத்துக்காட்டு 5.7

ஒரு இயங்களவி புறக்கணிக்கத்தக்க மின் தடையுடைய இரு சுருள்கள் உடையது. இவை தொடராக இணைக்கப்பட்டிருக்கும் பொழுது 6 ஆம்பியர் ஏற்படுத்தும் சுழற்றுமையை சமநிலை செய்ய முறுக்கு முகடு 100° திருப்பப்படவேண்டியிருக்கிறது. இக்கருவி திறனளவியாக உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு சுருள் 200 ஓம்கள் மின் தடையுடன் தொடராகவும், 250 வோல்ட் கொடு வாய்க்கு எதிராகவும், மற்றொரு சுருள் 3 கிலோவாட் சுமையுடன் தொடராகவும் இணைக்கப் பட்டிருக்கிறது. இச் சுழற்றுமையை சமநிலை செய்ய முறுக்கு முகடு திருப்பப்படவேண்டிய கோணத்தை கண்டுபிடி.

மின்னழுத்தச் சுருள் மின்னோட்டம் $= I_p$

மின்னோட்டச் சுருள் மின்னோட்டம் $= I_c$

I_p, I_c இவற்றிற்கு இடையேஉள்ள கோணம் $= \alpha$

விலக்கத்தைப் பொருத்து பரிமாற்று மின்

$$நிலைமம் மாறு வீதம் = \frac{dM}{d\theta}$$

முறுக்கு முகடு கருவிகளில் சுழற்றுமை $T \alpha \theta$ (விலக்கம்) $I_p = I_e = 6$ ஆ. ஆக இருக்கும்பொழுது $\alpha = 0$ திறனளவியாகப் பயன்படுத்தப்படும் பொழுது,

$$I_p = \frac{250}{200} = 1{\cdot}25 \text{ ஆ.}$$

$$V I_e \text{ கொசைன் } \alpha = 3000 \text{ வாட்டுகள்}$$

$$\therefore I_e \text{ கொசைன் } \alpha = \frac{3000}{250} = 12 \text{ ஆ.}$$

$$\theta \propto I_p\, I_e \text{ கொசைன் } \alpha \cdot \frac{dM}{d\theta}$$

$$\therefore \frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{I_{p1}\, I_{e1} \text{ கொசைன் } \alpha_1}{I_{p2}\, I_{e2} \text{ கொசைன் } \alpha_2}$$

$$\therefore \frac{\theta_1}{100} = \frac{1{\cdot}25 \times 12}{6 \times 6}$$

$$= 0{\cdot}4167$$

$$\theta_1 = 41{\cdot}67^\circ$$

ஆகவே முறுக்கு முகடு 41·67° திருப்பப்பட வேண்டும்.

5·7 தூண்டல் வகை திறனளவிகள்

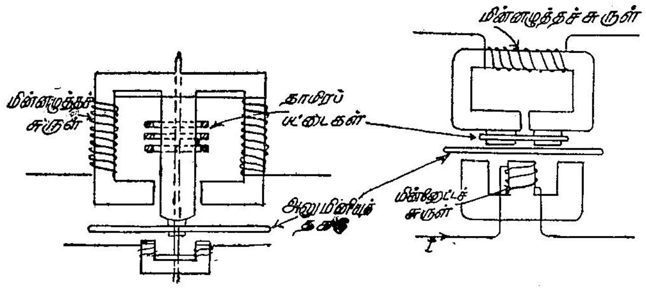
இவ்வகைக் கருவிகள் இயங்கும் தத்துவம் தூண்டல் வகை மின்னோட்டமானிகள் மற்றும் மின்னழுத்தமானிகளின் இயக்கத்தைப் போன்றதுதான். இவைகளும் மாறு மின்சாரத்தில் மட்டுமே பயன்படும். அலைவெண்ணும் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தமும் மாறிலியாக இருந்தால்தான் இவ்வகைக் கருவிகள் பயன்படுத்த முடியும்.

அமைப்பு :

இவ்வகைக் கருவிகள் இரு தகட்டடுக்கு மின் காந்தங்கள் உடையவை. ஒரு மின்காந்தம் சுமை மின்னோட்டத்தாலும், மற்றொரு மின்காந்தம் திறன் அளக்கடவேண்டிய மின் சுற்றின் மின்னழுத்தத்திற்கு விகித சமத்தில் உள்ள மின்னோட்டத்தாலும் எழுச்சி அடைகின்றன (excited). ஒரு மெல்லிய அலுமினியத் தகடு இரு காந்த பாயங்களும் ஊடுருவுமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. விலக்கும் சுழற்றுமை இப்பாயங்கள் மற்றும் அவை அலுமினியத் தகட்டில் தூண்டும் சுழல் ஓட்டங்கள் இவைகளின் குறுக்கீட்டுச் செயலால் (interaction) ஏற்படுகிறது. மின்னழுத்தச் சுருளினுல் எழுப்பப்படுகிற மின்காந்தம் இணைத்தட (shunt) காந்தம் எனப்படும். இணைத்தட காந்தத்தின் ஒரு காலில் தாமிர வளையங்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இதனுல் இக்காந்தத்திலுள்ள

தொகுபயன் (resultant) பாயம் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை விட 90° பின் தங்குகிறது.

படம் 5·6ல் சாதாரணமான இரு வடிவங்கள் அவற்றின் சுற்று களுடன் காட்டப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு அமைப்பிலும் காந்தங்கள் அலுமினியத் தகட்டிற்கு மேலாக ஒன்றும் கீழாக ஒன்றும் இருக்கு



(அ) (ஆ)

படம் 5·6

தூண்டல் வகைத் திறனளவி

மாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இணைத்தட மற்றும் தொடர் காந்தங் களின் பாயங்கள் இயங்கும் தகட்டை ஊடுருவும் வகையில், காந்தங் களின் வடிவங்களும் நிலைகளும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

படம் 5·6 'அளவில் காட்டப்பட்டுள்ள கருவியில் இரு மின்னழுத்தச் சுருள்கள் தொடராக இணைக்கப்பட்டு, அவை இரண்டும் மையக்கால் வழியாக பாயத்தை அனுப்புமாறு சுற்றப் பட்டிருக்கின்றன. கருவியின் தொடர் காந்தத்தில் இரு மின்னோட்டச் சுருள்கள் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இரு சுருள்களும் அவைகள் சுற்றப்பட்டுள்ள உள்ளகத்தை ஒரே திசையில் காந்தப் படுத்துமாறு சுற்றப் பட்டுள்ளன. இணைத்தட மற்றும் தொடர் காந்தங்களுக்கு இடையே சரியான நிலை வேறுபாடு (phase difference) கிடைக்க தாமிரப் பட்டைகளின் நிலையைச் சரி செய்து கொள்ளலாம்.

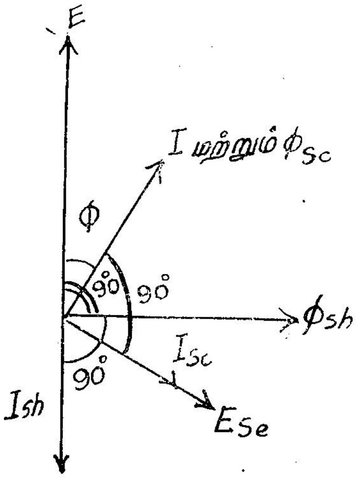
படம் 5·6 'ஆ'வில் ஒரு மின்னழுத்தச் சுருளும், ஒரு மின்னோட்டச் சுருளும் உள்ளன. இணைத்தட காந்தபாயத்தின் நிலையைச் சரிசெய்து கொள்வதற்காக மாற்றியமைக்கத் தக்க தாமிரப்பட்டை இரு காந்த முனைகளையும் சுற்றி அமைக்கப் பட்டுள்ளன.

இரு வகைக் கருவிகளும் வில் கட்டுப்படுத்தலுடையவை. 100 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் வரையில் இவற்றை நேராகப் பயன் படுத்தலாம். இதற்கு மேற்பட்ட மின்னோட்டமானால் திறனளவியுடன் மின்னோட்ட மின்மாற்றி பயன் படுத்தப்படும்.

அறிமுறை

இணைத்தட காந்தத்தின் பாயம் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தைவிட 90° பின்தங்குகிறது என்று வைத்துக்கொள்வோம். இதைத் தாமிர பட்டைகளின் உதவியால் செய்ய முடியும். தொடர் காந்தத்தின் பாயம் Φ_{se}, மின்வழியின் மின்னோட்டத்தின் விகிதச் சமத்திலும், அத்துடன் ஒரே நிலையிலும் உள்ளது என்று வைத்துக் கொள்வோம். இரும்பில் தயக்க மற்றும் தெவிட்டல் (saturation) விளைவுகள் புறக்கணிக்கத்தக்கது என்று வைத்துக் கொள்வோம். நீண்ட காற்றிடைவெளி காரணமாக இத்தற்கோள்கள் (assumptions) சரியே.

இந்த அறிமுறையை விளக்க நேரிய வரிப்பு படம் 5·7ல் காண்க. படத்திலுள்ள நேரியங்கள் கீழ்க் கண்டவற்றை குறிக்கின்றன.



படம் 5·7
தூண்டல் வகைத் திறனளவியின் இணைப்புகள்

E — கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம்

I — சுமை மின்னோட்டம் C, Eயைவிட θ°பின் தங்குகிறது)

e_{sh} — Φ_{sh}, தகட்டில் தூண்டும் சுழல் மின் இயக்கு விசை

i_{sh} — e_{sh} தூண்டிய, அதனுடன் ஒரே நிலையில்உள்ள, சுழல் ஓட்டம்.

e_{se} — Φ_{se} தூண்டும் மின் இயக்கு விசை

e_{se} — Φ_{se} தூண்டிய, அதனுடன் ஒரே நிலையில் உள்ள, சுழல் ஓட்டம்.

தூண்டல் வகை மின்னோட்டமானிகளைப் போலவே இவற்றிலும், கணச் சுழற்றுமை ($\Phi_{sh}\, i_{se} - \Phi_{se}\, i_{sh}$)க்கு விகித சமத்தில் இருக்கும்.

கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் (கணமதிப்பு),

$$e = E_m \text{ சைன் } wt$$

கண மின்னோட்டம் $i = I_m$ சைன் $(wt-\theta)$

பாயம் $\Phi_{se} = k I_m$ சைன் $(wt-\phi)$

பாயம் $\Phi_{sh} = -k' \int e\, dt$

$$= k' \frac{E_m}{w} \text{ கொசைன் } wt.$$

இவற்றில் K, k' ஆகியவை மாறிலிகள்

Φ_{se} தூண்டிய சுழல் மின் இயக்குவிசை,

$$e_{se} = -k'' \frac{d\,\Phi_{se}}{dt}$$

$$= k''' k_m\, w \text{ கொசைன் } (wt-\phi)$$

$$i_{se} = K I_m\, w \text{ கொசைன் } (wt-\phi)$$

$$e_{sh} = -K' \frac{d\,\Phi_{sh}}{dt}$$

$$= K'' \frac{E_m}{w}\, w \text{ சைன் } wt$$

$$= K'' E_m \text{ சைன் } wt$$

$$i_{sh} = K''' E_m \text{ சைன் } wt.$$

k'', k''', K, K', K'' மற்றும் K''' மாறிலிகள்.

தகட்டில் சுற்றுமை,

$$T_m \propto \Phi_{sh} \cdot I_{sh} \text{ கொசைன் } \phi - \Phi_{se} \cdot I_{sh} \text{ கொசைன் } (180° - \phi)$$

$$\propto \frac{k' E}{w} K I w \text{ கொசைன் } \phi + k I K''' E \text{ கொசைன் } \phi$$

$$\propto E I \text{ கொசைன் } \phi (k' k + k k''')$$

$$\propto E I \text{ கொசைன் } \phi$$

$\propto$ மின்சுற்றிலுள்ள திறன்.

5.8. இயங்கள்வி மற்றும் தூண்டல் வகை திறனளவிகளின் ஒப்பீடு (Comparison)

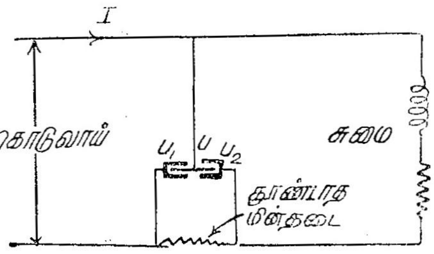
முன் பகுதியில் காட்டிய அறிவுரையிலிருந்து சுழற்றுமை அலை வெண்ணின் சார்பற்றதாகத் தோன்றுகிறது. உண்மையில் அவ்வாறு இராது. ஏனெனில் கருவியின் பல்வேறு பாகங்களின் மின்நிலைமங்களைப் பற்றிய தற்கோள்கள் முழுவதும் எப்பொழுதும் சரியானவை என்று கூறமுடியாது.

விலக்கும் சுழற்றுமை, திறனுக்கு விகிதச் சமத்தில் இருப்பதாலும், வில் கட்டுப்படுத்தல் பயன்படுத்தப்படுவதாலும் தூண்டல் வகை கருவிகளின் அளவுத்திட்டம் ஒரே சீராக உள்ளது.

இயங்களவிக் கருவிகளுடன் ஒப்பிடுகையில் தூண்டல் வகைக் கருவிகள், அதிக சுழற்றுமையும், நீளமான அளவுத்திட்டமும் உடையன. ஆனால் இவைகள் குறைந்த துல்லியம் உடையன வாகவும், இயங்கமைப்பின் எடை அதிகம் உள்ளதாகவும், அதிகத் திறன் உபயோகிப்பனவாகவும், மாறுமின்சாரத்தில் மட்டுமே பயன் படக்கூடியவையாகவும் உள்ளன. இவ்வகைக் கருவிகளின் துல்லியம் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவெண் மற்றும் வெப்பநிலை இவை களில்தான் சரியாக இருக்கும்.

5·9. நிலைமின் திறனளவிகள்

இவ்வகைக் கருவிகள், மற்றவகைக் கருவிகள் பிழையின்றி பயன்படுத்த முடியாத, அதிக மின்னழுத்தமும் குறைந்த திறன் கூறும் உடைய சிறிய அளவு திறனை அளக்க பயன்படுகிறது. தொழில் அளவைக்காக தயாரிக்கப்பட்ட மற்றவகைக் கருவிகளை அளவீடு செய்யவும் இவ்வகைக் கருவிகள் பயன்படுகின்றன. இவ்வகைக் கருவிகள் ஒரு கால்வட்டப்பகுதி மின் அளவியும் (electrometer), தூண்டாத ஒரு மின்தடையும் சேர்ந்தவையே ஆகும். இவை இணைக்கப்பட்டுள்ள விதத்தை படம் 5·8ல் காண்க.



படம் 5·8

நிலைமின் திறனளவியின் இணைப்புகள்

சுமை மின்னோட்டத்தின் கண மதிப்பு—i என்றும், ஊசிமற்றும் இரு சோடி கால்வட்டப் பகுதிகளின் மின்னழுத்தம் v_1, v_2 மற்றும் v_3 என்றும் வைத்துக் கொள்வோம்.

இவ்வகை மின்னோட்ட, மின்னழுத்தக் கருவிகளைப் பற்றி இரண்டாவது அத்தியாத்தில் கண்டபடி,

கணச்சுழற்றுமை $\propto (v-v_1)_2 - (v-v_2)^2$

ஆனால் கொக்கப்பட்ட கண மின்னழுத்தம்.

$$e = v - v_1$$

$$v - v_2 = (v - v) - (v_1 - v_2)$$

$$= e - i\,R$$

$$\therefore \quad T \propto e^2 - (e - iR)^2$$
$$\propto e^2 - e^2 - i^2 R^2 + 2e \cdot iR$$
$$\propto e\,i - \frac{i^2 R}{2}$$

$\propto$ கொடுக்கப்பட்ட கணத்திறன் — தூண்டாத மின் தடை Rல் இழந்த திறனில் அரைப்பகுதி.

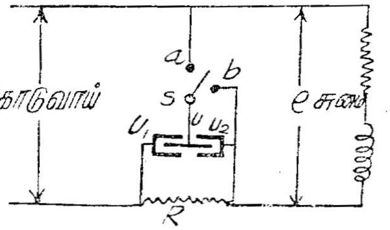
$\propto$ சுமையின் கணத்திறன் $+$ தூண்டாத மின் தடை Rல் இழந்த திறனில் அரைப்பகுதி.

5·10. நிலைமின் கருவிகளைப் பயன்படுத்தும் மற்ற வகைகள்

முன் பகுதியில் காட்டியதிலிருந்து படம் 5·8 ல் காட்டப்பட்டுள்ள எளிய முறை உண்மையான திறனை விட அதிகமாக காட்டுவது தெரிகிறது. இந்தப் பிழையைத் தவிர்க்க வேறு முறைகளில் இக்கருவியைப் பயன் படுத்தலாம்.

முறை 1

படம் 5·9 'அ' காண்க. படம் 5·8 ல் காட்டப்பட்டுள்ளதை விட இதில் ஒரு இருவழி இணைப்பி (two way switch) பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளது. இதன் மூலம் ஊசி சுமையின் தேவையான பக்கத்தில் இணைக்க ஏதுவாகிறது.



(அ)

படம் 5·9

நிலைமின் திறனளவின் வெவ்வேறு இணைப்புகள்

முன்பு விளக்கிய மாதிரி,

கணச் சுழற்றுமை $T \propto 2\,eiR + i^2 R^2$

கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை விலக்கம் θ வின் விகித சமத்தில் இருந்தால், நிலையான விலக்கம் θ_D ஏற்படும் பொழுது

$$K\,\theta_D = \frac{1}{t'}\int_0^{t'} (2\,e\,i\,R + i^2 R^2)\,dt$$

$$\therefore \quad \theta_D = \frac{2\,R}{Kt'}\int_0^{t'} e\,i\,dt + \frac{1}{Kt}\int_0^{t} e^2 R^2\,dt$$

$$= \frac{2R}{K} W + \frac{1}{Kt'} \int_0^{t'} i^2 R^2 \, dt$$

இதில் W சுமையின் சராசரித் திறன்.

இணைப்பி 'S' தொடுமுனை 'a' ல் உள்ள பொழுது,

$$\theta_D = \frac{2R}{K} W + \frac{1}{Kt'} \int_0^{t} e^2 R^2 \, dt$$

இணைப்பி 'S' தொடுமுனை 'h' க்கு மாற்றப்பட்டால்

$$v = v^2$$

$$T^1 \propto (v - v_1)^2$$

$$\propto (v_2 - v_1)^2$$

$$= i^2 R^2$$

இப்பொழுது விலக்கம் θ'_D ஆனால்

$$\theta'_D = \frac{1}{Kt^1} \int_0^{t^1} i^2 R^2 \, dt$$

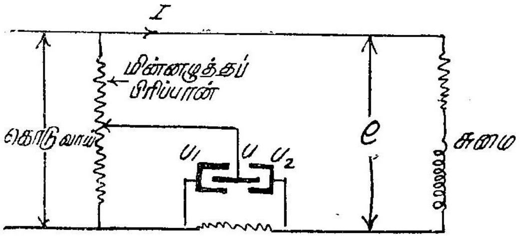
$$\therefore \quad \theta_D = \frac{2R}{K} W + \theta'_D$$

அல்லது $W = \dfrac{K(\theta'_D - \theta'_D)}{2R}$

ஆகவே சுமையின் உண்மையான திறன் இணைப்பி 'S' ன் இரு நிலைகளுக்கான காட்சிப்பதிவைக் கொண்டு கணக்கிடப்படலாம்.

முறை 2

இம்முறை படம் 5·9 'ஆ' வில் காண்க. கருவியின் ஊசி



(ஆ)

படம் 5·9

நிலையின் திறனளவின் வெவ்வேறு இணைப்புகள்

மின்னழுத்த பிரிப்பாக பயன்படும் பெரும் தூண்டாத மின் தடையின் நடுப்புள்ளியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

பிரிப்பானின் மின்னழுத்தம் $= e + v_2 - v_1$

இதன் அரைப்பகுதியில் மின்னழுத்தம் $= \dfrac{e + v_2 - v_1}{2}$

கணச் சுழற்றுமை $T \propto (v - v_1)^2 - (v - v_2)^2$

$$\propto \left[\frac{e + (v_2 - v_1)}{2}\right]^2 - \left[\frac{e - (v_2 - v_1)}{2}\right]^2$$

$$\propto \tfrac{1}{4} [\{ e + (v_2 - v_1) + e - (v_2 - v_1)\}$$
$$\{ e + (v^2 - v_1) - e + (v_2 - v_1)\}$$

$$\propto \tfrac{1}{4} \{ 2e \} [2 (v_2 - v_1)]$$

$$\propto e (v_2 - v_1)$$

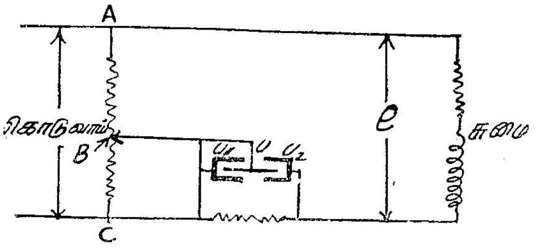
$$\propto e i R$$

$$\propto e i$$

ஆகவே இவ்வகை இணைப்புகளில் இக்கருவி சுமையின் திறனை அளகிறது. இம்முறை பயன் படுத்தக் இயலாத போது மூன்ருவது முறை சிறந்தது.

முறை 3

இம்முறையில் முறை இரண்டில் உள்ள இணைப்புகளுடன் ஒரு தூண்டாத மின் தடை r சுமையுடன் தொடராக இணைக்கப்



(இ)

படம் 5·9

நிலேமின் திறனளவியின் வெவ்வேறு இணைப்புகள்

பட்டுள்ளது. ஊசி, பிரிப்பானின் ஒரு தகுதியான புள்ளியில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. படம் 5·9 இ காண்க.

$$\frac{A \text{ யிலிருந்து } C \text{ வரை மின்னழுத்தம்}}{B \text{ யிலிருந்து } C \text{ வரை மின்னழுத்தம்}} = n \text{ எனவை}$$

கணச் சுழற்றுமை $T \propto (v - v_1)^2 - (v - v_2)^2$

$$v - v_1 = \frac{e + ir + iR}{n}$$

$$v - v_2 = v - v_1 - (v_2 - v_1)$$
$$= v - v_1 - iR$$
$$= \frac{e + ir + iR}{n} - iR$$

$$\therefore\ T \propto \left(\frac{e + ir + iR}{n}\right)^2 - \left(\frac{e + ir + iR}{n} - iR\right)^2$$

$$\propto 2\, iR\, \frac{e + ir + iR}{n} - i^2 R^2$$

$$\propto \frac{2\, i\, R\, e}{n} + \frac{2\, i^2\, rR}{n} + \frac{2\, i^2\, R^2 - n\, i^2\, R^2}{n}$$

r ன் மதிப்பை, $\frac{R}{2}\,(n - 2)$ க்குச் சமமாகச் செய்தால்

$$T \propto \frac{2\, i\, R\, e}{n} + \frac{2\, i^2\, R\,(n-2)\, R}{2\, n} + i^2 R^2\, \frac{(2 - n)}{n}$$

$$\propto \frac{2\, i\, R\, e}{n}$$

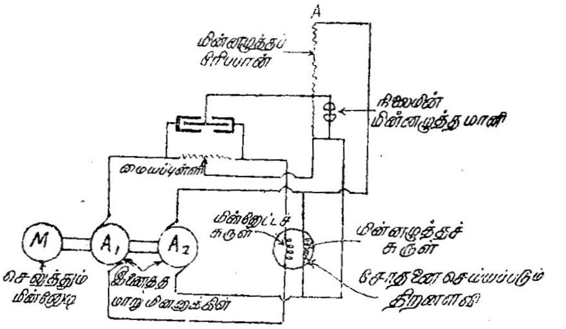
$$\propto i\, e$$

$\propto$ சுமையில் உண்மையான திறன்.

ஆகவே 'r' ன் மதிப்பை தகுந்தவாறு தெரிந்து எடுத்து இம் முறையை திறனை அளக்கப் பயன்படுத்தலாம்.

5·11 நிலைமின் கருவிகளை மற்ற வகை திறனளவி அல்லது வாட்மணி மானிகளை அளவீடு செய்ய பயன்படுத்தல்

நிலைமின் திறனளவிகளைக்கொண்டு மற்றவகைத் திறனளவிகள் மற்றும் வாட்மணி மானிகளை அளவீடு செய்யத் தேவையான



படம் 5·10

திறனளவியைச் சோதனை செய்ய நிலைமின் கருவியைப் பயன்படுத்தல்

இணைப்புகள் படம் 5·10-ல் காண்க. சோதனைக்கு உட்படுத்தப் பட்டுள்ள திறனளவியின் மின்னழுத்தச் சுருளுக்கான மின்னழுத்தம் மாறுமின்னாக்கி (alternator) A_2 மூலம் அளிக்கப்படுகிறது. மின்னோட்டச் சுருளுக்கான மின்னோட்டம் மற்றொரு மின்னாக்கி A_1 மூலம் அளிக்கப்படுகிறது. தேவையான மின்னோட்டம் அதிக மாக இருந்தால் குறைக்கும் (step down) மின்மாற்றி பயன்

படுத்தலாம். இரு மாறு மின்னேக்கிகளும் மின்னேடி (motor) M மூலம் செலுத்தப்படுகின்றன. இம் மூன்றின் தண்டுகளும் (shafts) பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. இரு மின்னேக்கிகளில் ஒன்றின் நிலுவையைச் (stator) சுழற்ற இயலுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன்மூலம் மின்னழுத்தத்திற்கும் மின்னேட்டத்திற்கும் இடையில் தேவையான நிலைவேறுபாடு கிடைக்கும். அதாவது பல்வேறு திறன்கூறுகளில் அளவீடு செய்யலாம்.

நிலைமின் கருவியின் ஊசி, மின்னழுத்தப் பிரிப்பானின் ஒரு தொடுகைப் புள்ளி (tapping point) மூலம் மின்னழுத்தத்தைப் பெறுகிறது. இப்பிரிப்பான் மாறு மின்னேக்கி A_2க்கு இணையாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது இரு சோடிக் கால்வட்டப் பகுதிகளும் தூண்டாத ஒரு மின்தடை R-ன் இரு முனைகளுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. இம் மின்தடை மூலமாக சுமை மின்னேட்டம் பாய் கிறது. மின்தடையின் மையப்புள்ளி மின்னழுத்தப் பிரிப்பானின் ஒரு முனையுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

$$\frac{A\text{-யிலிருந்து } C\text{-வரை உள்ள மின்னழுத்தம்}}{B\text{-யிலிருந்து } C\text{-வரை உள்ள மின்னழுத்தம்}} = n \text{ என வைக்கவும்}$$

சுமை மின்னழுத்தத்தின் கண மதிப்பு e என்றல் B-யிலிருந்து C-வரை உள்ள மின்னழுத்தம் $\frac{e}{n}$ ஆகும்.

ஆகவே $v-v_2=\frac{e}{n}-\frac{1}{2}\,i\,E$

இதில் i—சுமை மின்னேட்டத்தின் கண மதிப்பு.

$$v-v_1=\frac{e}{n}+\frac{1}{2}\,i\,R$$

கணச் சுழற்றுமை $T \propto (v-v_1)^2-(v-v_2)^2$

$$\propto \left(\frac{e}{n}+\frac{1}{2}\,i\,R\right)^2-\left(\frac{e}{n}-\frac{1}{2}\,i\,R\right)^2$$

$$\propto \left(\frac{e}{n}+\frac{1}{2}\,i\,R+\frac{e}{n}-\frac{1}{2}\,i\,R\right)\left(\frac{e}{n}+\frac{1}{2}\,i\,R-\frac{e}{n}+\frac{1}{2}\,i\,R\right)$$

$$\propto \frac{2\,e}{n}\times i\,R$$

$$\propto e\,i$$

$\propto$ கணத்திறன்.

சுழற்றுமையின் சராசரி மதிப்பு,

$$T_m \propto \frac{2R}{nt'} \int_{0}^{t^1} e\,i\,d\,t$$

$$\propto \frac{2R}{n} \text{ (சுமையின் சராசரித் திறன்)}$$

இவற்றில் t' என்பது அலைவடிவங்களின் அலைவுநேரம் வில் கட்டுப்படுத்தல் பயன்படுத்தப்பட்டால்,

$$T_e = k\,\theta$$

கருவியின் நிலையான விலக்கம் θ_D

$$k\,\theta_D \propto \frac{2R}{n} \text{ (சராசரித் திறன்)}$$

அல்லது, சராசரித் திறன் $\propto \dfrac{n\,k\,\theta_D}{2R}$

இவ்விகிதச் சமத்தின் மாறிலி நிலமின் கருவியைப் பொருத்து இருக்கும். ஆகவே

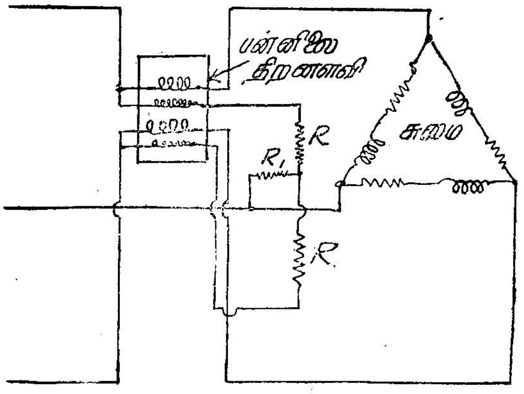
$$\text{சராசரித் திறன்} = \frac{K'\ n\,\theta_D}{2R}$$

K' பரிசோதனைமூலம் தீர்மானிக்கப்பட வேண்டும்.

5·12 பன்னிலைத் (Poly phase) திறனளவிகள்

முன்னிலைத் திறனை அளக்க முன்பே சில முறைகள் பார்த்தோம். அவற்றில் சமநிலை பிரண்ட (unbalanced) மின் சுற்றுகளுக்கு இரண்டு திறனளவிதள் தேவை என்றும் கண்டோம். பன்னிலைத் திறனளவி பன்னிலை மின் சுற்றுகளில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட திறனளவிகள் பயன்படுத்தலை தவிர்க்கின்றது. காட்டாக, முன்னிலை திறனளவிகளில் இரு இயங்கும் சுருள்கள் ஒரே கதிரில் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. ஆகவே இயங்கமைப்பில் ஏற்படும் மொத்த விலக்கும் சுழற்றுமை இரு நகரும் சுருள் அமைப்பினுல் ஏற்படும் சுழற்றுமை களில் கூடுதல் ஆகும். இக்கருவியின் காட்சிப்பதிவு மின்சுற்றின் மொத்தத் திறனைக் கொடுக்கும்.

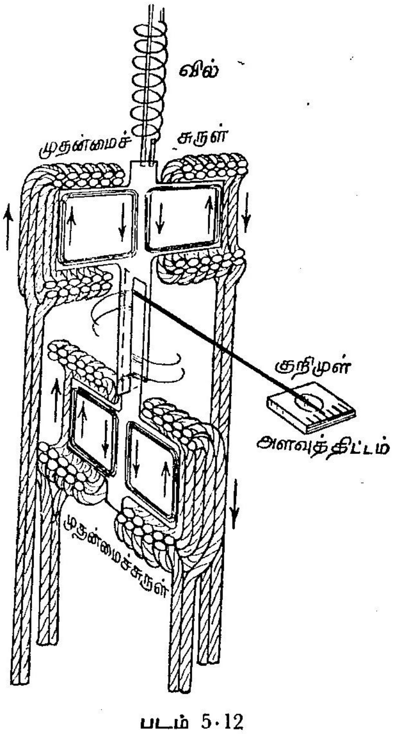
இக்கருவியைப் பயன்படுத்தி முன்னிலைத் திறனை அளக்க இணைப்புகள், இரு ஒரு நிலை திறனளவிகளைக் கொண்டு இரு திறனளவி முறையில் இணைப்பதுபோல் இணைக்கப்படும். இணைப்பு முறை படம் 5·11-ல் காண்க. திறனளவியில் இரு மின்னேட்ட மற்றும் இரு மின்னழுத்தச் சுருள்கள் உள்ளதைக் காண்க. இக் கருவி இரட்டை உறுப்பு (double element) திறனளவி எனப்படும்.



படம் 5·11

பன்னிலைத் திறனளவி இணைப்புகள்

இக்கருவிகளில் ஒரு உறுப்பின் நிலைச்சுருள் மற்றொரு உறுப்பின் இயங்குச்சுருளுடன் எதிர் வினை செய்து இரு சுழற்றுமைகள் திறனின் விகிதச் சமத்தில் இல்லாமல் இருக்க ஏதுவாகும். ஆகவே இரு உறுப்புகளுக்கும் இடையே ஒரு தகட்டடுக்கு இரும்பு மறைப்பு வைக்கப்படும். மாற்றாக, இவ்வித சுழற்றுமை குறுக்கீட்டிற்கு படம் 5·11-ல் காட்டியுள்ளபடி ஈடு செய்யலாம். இரு மின்னழுத்தச் சுருள்களையும் நேராக இணைக்காமல் அவை ஒவ்வொன்றின் ஒரு முனையும் மின்தடை R'ன் இரு முனைகளிலும் இணைக்கப்படும். மின்தடை R'ஐ தேவையானபடி மாற்றிக்கொள்வது மூலம் மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்னோட்டத்தை மாற்றி தேவையான அளவு ஈடு செய்து கொள்ளலாம்.



படம் 5·12

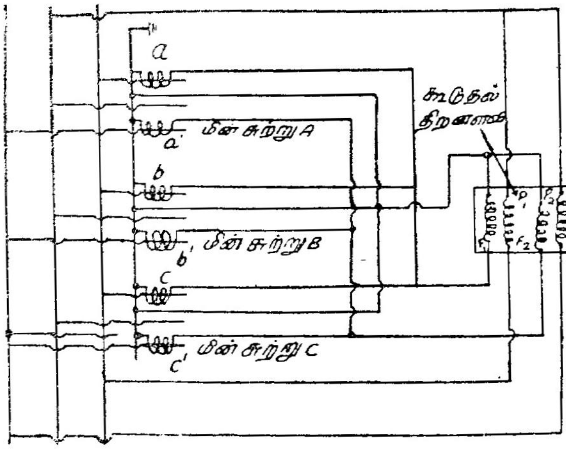
டிரிஸ்டேல் பன்னிலைத் திறனளவி

படம் 5·12ல் பிரிஸ்டேல் படித்தர பன்னிலைத் திறனளவி காட்டப்பட்டுள்ளது.

5·13 கூட்டல் (Summation) முறைகள்

சில நேரங்களில் பல தனித்தனி மின் சுற்றுகளின் மொத்தத் திறனை அளக்க நேரிடும். அம்மொத்தத் திறன் ஒரே கருவியில் காட்டப்படுவது விரும்பத் தக்கதாகும். மின் அமைப்பின் ஒரு பகுதியில் மொத்தத் திறனும் பாயுமாறு அமைக்கப்பட்டிருந்தால் இது மிகவும் எளிது. அமைப்பு இவ்வாறு இல்லாவிடில் வேறு முறைகள் பயன்படுத்தப்படும்.

இரு முன்னிலை மின்னமைப்புகளின் மொத்தத் திறனை அளக்க ஒரு நான்குறுப்பு திறனளவி பயன்படுத்தி எளிதாக அளக்கலாம். நான்குறுப்பு திறனளவியில் நான்கு இயங்கமைப்பு ஒரே கதிரில் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இரண்டிற்கு மேற்பட்ட மின்னமைப்பு களானால் ஈருருப்பு கூட்டல் திறனளவியுடன் (Double Element Summation Wattmeter) மின்னோட்ட மின் மாற்றிகள் பயன் படுத்தப்படும்.



படம் 5·13

திறன் அளக்க கூட்டல் முறைக்கான இணைப்பு

படம் 5·13-ல் A, B, C என்னும் மூன்று மின்சுற்றுகளில் உள்ள மொத்தத் திறனை அளக்கும் விதம் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒரே விகிதங்கள் உள்ள ஆறு மின்மாற்றிகளுடன் ஓர் ஈருருப்புக் கூட்டல் திறனளவி பயன் படுத்தப்பட்டுள்ளது. மின்வழி மின்னழுத்தம், திறனளவியின் மின்னழுத்தச் சுருள் தாங்கக் கூடியதை விட அதிகம் இருந்தால் மின்னழுத்த மின்மாற்றிகளும் பயன்படுத்த வேண்டியிருக்கும்.

மின்னோட்ட மின்மாற்றிகள் a, b மற்றும் c சேர்ந்து மின்னோட்டச் சுருள் F_1-ல் உம், a', b' மற்றும் c' சேர்ந்து சுருள் F_2 விலும்

மின்னோட்டம் பாயச் செய்கின்றன. மின் மாற்றிகளின் சிறிய நிலைக்கோணங்கள் புறக்கணிக்கத்தக்கவை என்று வைத்துக் கொண்டால், அவற்றின் துணைச்சுருணை மின்னோட்டத்திற்கும் முதன்மைச் சுருணை மின்னோட்டத்திற்கும் இடையேயுள்ள நிலைக் கோணம் 180° ஆகும். மின் மாற்றிகளின் விகிதப்பிழைகளும் புறக்கணிக்கத்தக்கவை என்று வைத்துக்கொண்டால், துணைச் சுருணைகளின் மின்னோட்ட நேரியம் மற்றும் மின்மாற்றியின் மாற்று விகிதம் ஆகியவற்றின் பெருக்கம் முதன்மைச் சுருணைகளின் மின்னோட்ட நேரியக் கூடுதலுக்குச் சமம். ஆகவே, மின்னோட்டச் சுருள் F_1-ல் பாயும் மின்னோட்டம் மின்வழி (3) மூலமாக A, B மற்றும் C மின்சுற்றுகளுக்கு செலுத்தப்பட்ட மின்னோட்ட நேரியக் கூடுதலாகும். மின்னோட்டச் சுருள் F_2 வில் பாயும் மின்னோட்டம் மின் வழி (1) மூலமாக செலுத்தப்பட்ட மின்னோட்டத்தின் நேரியக் கூடுதலாகும். மின்னழுத்தச் சுருள்கள் P_1 மற்றும் P_2 முறையே மின்வழிகள் 3 மற்றும் 2, 1 மற்றும் 2 இவற்றிற்கு இடையே இணைக்கப் பட்டுள்ளன. ஆகவே, கூட்டல் திறனளவியின் காட்சிப்பதிவு A, B மற்றும் C ஆகிய மூன்று மின்சுற்றுகளின் மொத்தத்திறனை மின்மாறிகளின் மாற்று விகிதத்தில் வகுத்ததற்குச் சமமாகும்.

5.14 எதிர்வினைத் திறனை (Reactive Power) அளத்தல்

ஒரு நிலையின் சுற்றின் மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டம் இவற்றின் பயன் மதிப்பு (R M S value) முறையே E மற்றும் I ஆகவும் இவற்றிற்கு இடையே உள்ள கோணம் ϕ ஆகவும் இருந்தால் அதன் திறன் EI கொசைன் ϕ ஆகும். இந்தத் திறன், மின்னழுத்தம் மற்றும் இதனுடன் ஒரே நிலையிலிருக்கும் மின்னோட்டத்தின் கூறு, அதாவது I கொசைன் ϕ, இவற்றின் பெருக்கம் ஆகும். இம்மின்னோட்டத்தின் மற்றொரு கூருகிய மின்னழுத்த நேரியத்திலிருந்து 90° விலகியிருக்கும் I சைன் ϕ மற்றும் மின்னழுத்தத்தின் பெருக்கம் $E.\ I.$ சைன் ϕ 'திறன் அற்றது' (wattless) அல்லது எதிர் வினைத் (reactive) திறன் எனப்படும். இதிலிருந்து

$$\text{டேன் } \phi = \frac{E\ I \text{ சைன் } \phi}{E\,I \text{ கொசைன் } \phi}$$

$$= \frac{\text{எதிர்வினைத் திறன்}}{\text{உண்மைத் திறன்}}$$

ஆகவே, இந்த எதிர்வினைத் திறனை அளப்பதன் மூலம் கோணம் ϕ கணக்கிட்டு திறன் கூறு கண்டுபிடிக்க இயலும்.

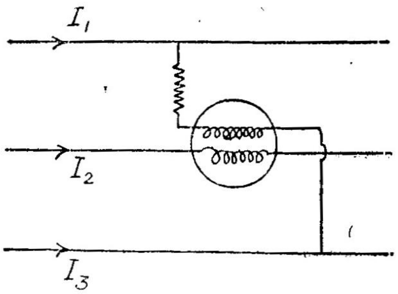
சைன் $\phi =$ கொசைன் $(90° - \phi)$

$\therefore\ I.\ E.$ சைன் $\phi = I,\ 90°\ E.$ கொசைன் $(90° - \phi)$

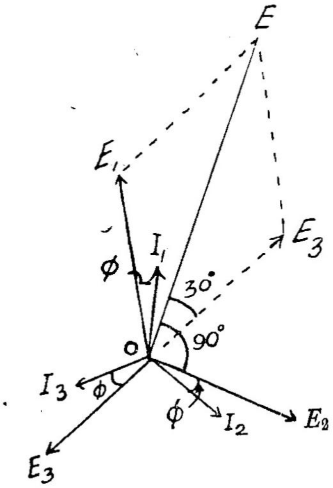
ஆகவே ஒரு திறனளவியைப் பயன்படுத்தி, அதன் மின்னேட்டச் சுருளின் மின்னேட்டத்திற்கும், மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள நிலை வேறுபாடு $90° - \phi$ ஆக்குவதன் மூலம் அத்திறனளவியை $I.\ E.$ கொசைன் $(90° - \phi)$, அதாவது எதிர்வினைத் திறனைக் காட்டச் செய்யலாம். ஆகவே திறனளவியின் மின்னழுத்தச் சுருளில் அளிக்கும் மின்னழுத்தம் அச்சுற்றின் மின்னழுத்தத்தைவிட 90° நிலை வேறுபட்டிருக்கவேண்டும். ஒருநிலை மின்சுற்றில் இதைச் செய்வது எளிது.

ஒரு திறனளவியைப் பயன்படுத்தி சமநிலை முன்னிலைச் சுமையின் திறனை அளக்க படம் 5.14 'அ'-வில் காட்டியுள்ளதைப் போல் இணைக்கவேண்டும். மின்னேட்டச்சுருள் ஒரு மின்வழியிலும் மின்னழுத்தச்சுருள் மற்ற இரு மின்வழிகளுக்கிடையிலும் இணைக்கப் பட்டுள்ளன.

நேரிய வரிப்பு படம் 5·14 'ஆ' வில் காண்க. திறனளவி மின்னேட்டச் சுருளிலுள்ள மின்னேட்டம் $0\,I_2$ மின்னழுத்தச்



(அ)



(ஆ)

படம் 5·14

எதிர்வினைத் திறன் அளத்தல்

சுருளில் அளிக்கப்பட்டுள்ள மின்னழுத்தம் = நேரியங்கள் $O\,E$, மற்றும் $O\,E_3$ இவைகளுக்கு இடையே உள்ள நேரிய வேறுபாடு: அதாவது $O\,E$.

$O E_2, -O E_3$ இவைகளுக்கு	இடையே	உள்ள	கோணம்	60°
$O E_1, -O E_3$	,,	,,	,,	30°
$\therefore O E_2, O E$	,,	,,	,,	90°
$O I_2, OE$	,,	,,	,,	$(90°+\phi)$

ஆகவே திறனளவியின் காட்சிப்பதிவு

$= O E \times O I_2$ கொசைன் $(90°+\phi)$

$= \sqrt{3}\ E I$ கொசைன் $(90°+\phi)$

$= -\sqrt{3}\ E I$ சைன் ϕ

$= -W_r$

இவற்றில் E — நிலை மின்னழுத்தம்

I — மின்வழி மின்னோட்டம்

W_r — திறனளவியின் காட்சிப்பதிவு

எதிர்வினைத்திறன் $= 3\ E\ I$ சைன் ϕ

$= -\sqrt{3}\ W_r$

உண்மைத் திறன் W ஆனால் சுமையின் நிலைக்கோணம்

$=$ டேன் $^{-}\left(\frac{\sqrt{3}\ W_r}{W}\right)$

எடுத்துக்காட்டு 5·8

1000 கி.வா. கொடுக்கும் ஒரு மாறு மின்னோக்கி A, 500 கி.வா. கொடுக்கும் மற்றொரு மாறு மின்னோக்கி B யுடன் இணையாக உள்ளது. மொத்த சுமையின் திறன்கூறு 0. 8 (பின்). Bயின் திறன்கூறு 0·8 பின். Aயின் திறன் கூறு என்ன ?

மொத்த சுமை $= 1000+500 = 1500$ கி.வா.

மொத்த கி.வோ. ஆம்பியர் $= \frac{1500}{0{\cdot}8}$

$= 1875$

எதிர் கி.வோ.ஆ (KVAR) $= 1875 \times 0{\cdot}6$

$= 1125.$

Bயின் எதிர் கி. வோ. ஆ. $= \frac{500}{0{\cdot}9} \times 0{\cdot}435$

$= 242$

$\therefore$ A கொடுக்கும் எதிர் கி.வோ.ஆ $= 1125-242$

$= 883.$

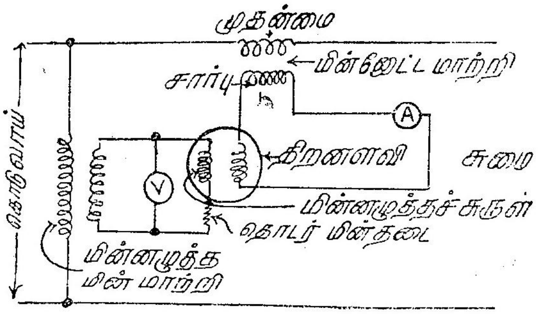
டேன் $\phi_A = \frac{883}{1000} = 0{\cdot}883$

$\phi_A = 41{\cdot}45°$

$\therefore$ திறன் கூறு $=$ கொசைன் $41{\cdot}45° = 0{\cdot}75$ (பின்)

5.15 திறனளவியின் நெடுக்கம் விரிவாக்கல்

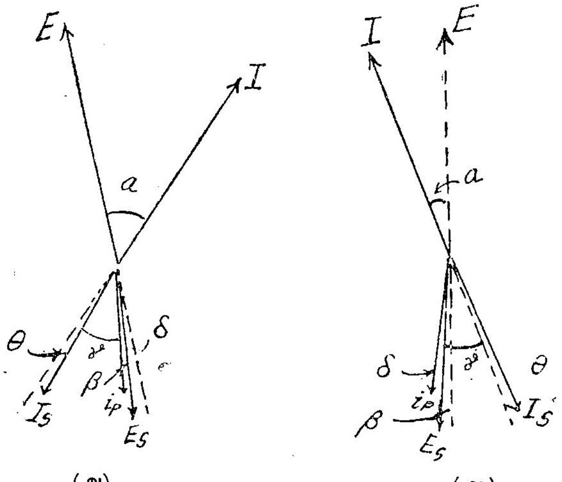
திறனளவிகளின் நெடுக்கத்தை விரிவாக்கம் மின்னோட்டமானி மற்றும் மின்னழுத்தமானி இவைகளுடன் பயன்படுத்தப்படுவது போலவே மின்னோட்ட மற்றும் மின்னழுத்த மின்மாற்றிகளைப் பயன் படுத்தலாம். வெவ்வேறு விகிதங்களுடைய மின்னோட்ட மின் மாற்றிகளை திறனளவியின் மின்னோட்டச் சுருளுடனும் வெவ்வெறு விகிதங்களுடைய மின்னழுத்த மின்மாற்றிகளை திறனளவியின் மின்னழுத்தச் சுருளுடனும் பயன்படுத்தி அத்திறனளவியின்



படம் 5·15

திறனளவியுடன் கருவி மின்மாற்றிகள் பயன்படுத்தல்

நெடுக்கத்தைத் தேவையான அளவு விரிவாக்கலாம். படம் 5·15ல் மின் மாற்றிகளுடன் திறனளவியின் இணைப்பு காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது.



படம் 5·16

படம் 5·15க்கான நேரிய வரிப்பு

படம் 5·16-ல் மேற்கண்ட இணைப்பிற்கு தேரிய வரிப்பு உள்ளது. 'அ' பின்தங்கும் திறன்கூறு சுமையையும் 'ஆ' முன்னேறும் திறன்கூறும் (leading) சுமையையும் குறிக்கும். படங்களில்,

E — சுமையின் மின்னழுத்தம்
I — சுமை மின்னோட்டம்
α — E, I இவற்றிற்கு இடையேயுள்ள நிலைக்கோணம்.
I_s — திறனளவியின் மின்னோட்டச்சுருளில் உள்ள மின்னோட்டம்.
= மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் துணை மின்னோட்டம்.
E_s — திறனளவியின் மின்னழுத்தச் சுருளுக்கு அளிக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம்.
i_p — திறனளவி மின்னழுத்தச் சுருளில் மின்னோட்டம்
β — மின்னழுத்தச் சுருளின் மின் நிலைமம் காரணமாக E_sஐ விட i_p பின்தங்கும் கோணம்.
δ — மின்னழுத்த மின்மாற்றியின் நிலைக்கோணம்
θ — மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் நிலைக்கோணம்.

புள்ளியால் காட்டப்பட்ட நேரியங்கள் புரட்டிய E மற்றும் Iயைக் குறிக்கின்றன.

சுமையின் திறன்கூறு பின்தங்கும்போழுது,

$$\alpha = \gamma + \theta \pm \delta + \beta$$

முன்னழுத்த மின்மாற்றியின் நிலைக்கோணம் நேர் ஆகவோ எதிர் ஆகவே இருக்கக்கூடுமாதலால் δவுக்கு முன் $\pm$ பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளது.

முன்னேறும் திறன்கூறு உள்ள சுமையில்,

$$\alpha = \gamma - \theta \pm \delta - \beta$$

மின்மாற்றிகளின் விகிதத்தைக் கருதாவிடில் பின் தங்கும் திறன் கூறில்,

$$\text{திருத்தக்காரணி } K = \frac{\text{கொசைன் } \alpha}{\text{கொசைன் } \beta \text{ கொசைன் } (\alpha - \theta \pm \delta - \beta)}$$

முன்னேறும் திறன் கூறில்,

$$\text{திருத்தக்காரணி } K = \frac{\text{கொசைன் } \alpha}{\text{கொசைன் } \beta \text{ கொசைன் } (\alpha \pm \delta + \theta + \beta)}$$

ஆகவே,

திறன் = $K \times$ திறனளவியின் காட்சிப்பதிவு $\times$ மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் உண்மை விகிதம் $\times$ மின்னழுத்த மின்மாற்றியின் உண்மை விகிதம்

மின்மாற்றிகளின் உண்மை விகிதங்கள் சுமையைப் பொருத்து இருப்பதால், மின்மாற்றிகள் அளவீடு செய்யப்பட்டு பயன் படுத்தினுல்தான் திறனைத் துல்லியமாக அளக்கமுடியும்.

எடுத்துக்காட்டு 5·9

110 வோல்ட், 5 ஆம்பியர் திறனளவி, மின்னோட்டமற்றும் மின்னழுத்த மின்மாற்றிகளுடன் பயன்படுத்தப்படும் பொழுது 350 வாட்டுகள் காட்டுகிறது. மின்னோட்ட மற்றும் மின்னழுத்த மின் மாற்றிகளின் கொடுக்கப்பட்ட விகிதம் முறையே 20:1, 100 : 1 ஆகும். அவைகளின் விகிதப்பிழை மற்றும் நிலைக்கோணங்கள் முறையே $-0{\cdot}2\%$, $+90$ கலை மற்றும் $+0{\cdot}8\%$, $+45$ கலை ஆகும். திறனளவி மின்னழுத்தச் சுற்றின் மின்தடை மற்றும் மின்நிலைமம் முறையே 362 ஓம்கள், 1 மி.ஹெ ஆகும். உண்மையாக அளக்கப்பட்ட திறன் எவ்வளவு? சுமையின் நிலைக்கோணம் 50° பின் ; அலைவு 50.

மின்னழுத்த மின்மாற்றியின்

கொடுக்கப்பட்ட விகிதம் $= 100$

உண்மை விகிதம் $= 100 + 100 \times \frac{0{\cdot}8}{100} = 100{\cdot}8$

$\delta = +45' = 0{\cdot}75^\circ$

மின்னோட்ட மின்மாற்றியின்

கொடுக்கப்பட்ட விகிதம் $= 20/1$

உண்மை விகிதம் $= 20 - 20 \times \frac{0{\cdot}2}{100} = 19{\cdot}96$

$\theta = 90' = 1{\cdot}5^\circ$

$\alpha = 50^\circ$

$$\beta = \text{டேன்}^{-1}\left(\frac{\omega L_p}{r_p}\right)$$

$$= \text{டேன்}^{-1}\left(\frac{2\pi \times 50 \times 10 \times 10^{-3}}{362}\right)$$

$$= 0{\cdot}5^\circ$$

$$\delta = \alpha - \beta - \delta - \theta$$

$$= 50 - 0{\cdot}5 - 0{\cdot}75 - 1{\cdot}5 = 47{\cdot}25^\circ$$

$$K = \frac{\text{கொசைன் } \alpha}{\text{கொசைன் } \delta \cdot \text{கொசைன் } \beta}$$

$$= \frac{0{\cdot}6428}{{\cdot}6788 \times 1} = 0{\cdot}947$$

அளக்கப்பட்ட திறன் $= K \times$ திறனளவி காட்சிப் பதிவு $\times$ மின்னோட்ட மின்மாற்றி உண்மை விகிதம் $\times$ மின்னழுத்த மின்மாற்றி உண்மை விகிதம்

$= 0{\cdot}947 \times 350 \times 19{\cdot}96 \times 100{\cdot}8$

$= 660000$ வாட்டுகள்

$= 660$ கி.வா,

எடுத்துக் காட்டு 5·10

11 கி.வோல்ட், 100 ஆம்பியர் மற்றும் 0·5 பின்தங்கும் திறன்கூறு உள்ள ஒரு ஒருநிலைச் சுமையின் திறனை, மின்னோட்ட மற்றும் மின்னழுத்த மின்மாற்றிகளுடன் ஒரு திறனளவியைப் பயன்படுத்தி அளக்கப்படுகிறது. மின்னழுத்த மற்றும் மின்னோட்ட மின்மாற்றி களின் கொடுக்கப்பட்ட விகிதங்கள் 100 : 1, 20 : 1 ஆகவும், விகிதப் பிழைகள் $+0{\cdot}8\%, -0{\cdot}2\%$ ஆகவும் நிலைக்கோணப் பிழைகள் $+42$ கலை, $+90$ கலை ஆகவும் உள்ளன. திறனளவி மின்னழுத்தச் சுருளின் நிலைக்கோணம் 30 கலை. திறனளவியின் காட்சிப்பதிவைக் கண்டுபிடி.

$\alpha =$ கொசைன்$^{-1}\, 0{\cdot}5 = 60^\circ$

$\beta = 30' = 0{\cdot}5^\circ$

$\theta = 90' = 1{\cdot}5^\circ$

$\delta = 42' = 0{\cdot}7^\circ$

$\therefore \gamma = \alpha - \beta - \theta - \delta = 60^\circ - 0{\cdot}5 - 1{\cdot}5 - 0{\cdot}7$

$= 57{\cdot}3^\circ$

$\therefore$ கொசைன் $\gamma =$ கொசைன் $57{\cdot}3^\circ$

$= 0{\cdot}5402$

உண்மையான திறன் $= VI$ கொசைன் α

$= 11000 \times 100 \times 0{\cdot}5$

$= 550000$ வாட்டுகள்

மின்னழுத்த மின்மாற்றியின் உண்மை விகிதம் $= 100 \times \dfrac{0{\cdot}8}{100} + 100$

$= 100{\cdot}8$

மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் உண்மை விகிதம் $= 20 - 20 \times \dfrac{0{\cdot}2}{100}$

$= 19{\cdot}96.$

$K = \dfrac{\text{கொசைன் } \alpha}{\text{கொசைன் } \beta \text{ கொசைன் } \gamma}$

$= \dfrac{0{\cdot}5}{1 \times 0{\cdot}5402} = {\cdot}926$

$$\text{காட்டப்பட்ட திறன்} = \frac{\text{உண்மையான திறன்}}{K \times \begin{matrix}\text{மின்னோட்ட} \\ \text{மின்மாற்றி} \\ \text{உண்மை} \\ \text{விகிதம்}\end{matrix} \times \begin{matrix}\text{மின்னழுத்த} \\ \text{மின்மாற்றி} \\ \text{உண்மை} \\ \text{விகிதம்}\end{matrix}}$$

$$= \frac{550\,000}{\cdot926 \times 100\cdot8 \times 19\cdot96}$$

$= 295\cdot4$ வாட்டுகள்.

பயிற்சி 5

1. ஒரு இயங்களவி வகை திறனளவியின் மின்னழுத்த மின்சுற்றின் மின் நிலைம மின்மறுப்பு, அது திட்ட அமைப்பு அலைவெண்ணில் இயங்கும் பொழுது மின் தடையின் 0·4 சதவிகிதம். மின் தேக்குத்திறன் புறக்கணிக்கத்தக்கது. கீழ்க்கண்ட பின்தங்கும் திறன்கூறுகள் உள்ள சுமைகளில் அதன் சதவிகிதப் பிழையையும் திருத்தக்காரணியையும் கண்டுபிடி.

(அ) 0·707 (ஆ) 0·5

2. ஒரு 10 ஆம்பியர் இயங்களவிவகை திறனளவியின் கட்டுப்படுத்தும் விற்களின் மாறிலி 0·107 கி. செ. மி /ஆரையன். அதன் இயங்கமைப்பின் பரி மாற்று மின்நிலைமத்தின் மாறுவீதம் 0·078 மி.ஹெ./ஆரையன் கருவியின் முழு அளவு விலக்கம் 83° என்றால் நேர் மின்சார மின்சுற்றில் முழு விலக்கம் ஏற்படத் தேவையான மின்னழுத்தச்சுருள் மின்னோட்டம் என்ன?

3. 50 அலைவு கொடுவாயில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு வடத்தின் திறன்கூறு கண்டுபிடிக்க இயங்களவிவகை திறனளவி பயன்படுத்தப்பட்டது. வட்டத்தின் மின்தேக்குத்திறன் 0·6 மை.பா. கொடுவாயில் இணைக்கப்பட்டுள்ள திறனளவி யின் மின்னழுத்த மின்சுற்றின் மின்தடை 2700Ω; மின்நிலைமம் 0·058 ஹெ. மின்னோட்டச்சுருளின் மின்தடை 9·6 Ω; அதன் மின் நிலைமம் புறக்கணிக்கத் தக்கது. அதனுடைய மின்னழுத்த மின்சுற்றில் 0·041 ஹென்றி மின்நிலைமத்தை தொடர்பாக இணைப்பதன் மூலம் திறனளவியின் விலக்கம் பூச்சியமாக்கப்பட்டது. வடத்தின் திறன் கூறு என்ன?

4. ஒரு இயங்களவி வகை திறனளவியின் புலச்சுருள்களின் பாய அடர்த்தி 0·01 வெ. ச. செ. மீ இயங்கு சுருளின் சராசரி ஆரம் 1·06 செ.மீ.; சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை 250.

திறன்கூறு 0·8 உள்ள சுமையின் திறனை அளக்க திறனளவி பயன்படுத்தப் படும் பொழுது, அதன் இயங்கு சுருளில் மின்னோட்டம் 0·2 ஆ கீழ்க்கண்ட நிலை களில் சுழற்றுமையைக் கண்டுபிடி.

(அ) புலச்சுருள் மற்றும் இயங்குசுருள் ஆகியவைகளின் அச்சுகள் 38° யிலிருந்தால்

(ஆ) புலச்சுருள் மற்றும் இயங்குசுருள் ஆகியவற்றின் அச்சுகள் 61° யிலிருந்தால்.

5. இயங்களவிவகை திறனளவி ஒன்றின் மின்னழுத்த சுற்றின் மின்தடை 2000Ω; மின் நிலைமம் 0·8 மி. ஹெ. இது 89° நிலைக்கோணம் உடைய 50 அலைவு சுமையை அளக்கும்பொழுது அதன் சதவிகிதப்பிழை என்ன?

மின்னோட்டச்சுருளின் மின் எதிர்ப்பைப் புறக்கணிக்க சுமை மின்னோட்டத்தை ஒப்பிடுகையில் மின்னழுத்தச் சுற்றின் மின்னோட்டம் புறக்கணிக்கத் தக்கது என்று தற்கொள்க.

6. முறுக்கு முகடு, இயங்களவி வகை திறனளவி ஒன்றின் இணைச்சுருளின் மின்தடை 6600Ω. இணைச்சுருளில் 120 வோல்ட் மின்னழுத்தம் அளிக்கப்பட்டு, தொடர் சுருளில் 20 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, குறிமுள்ளை பூச்சியத்திற்கு கொண்டுவர முறுக்கு முகட்டை 160° திருப்பவேண்டியிருக்கிறது. கருவியின் மாறிலியை 20/வாட் பாகை ஆக்க இணை மின்சுற்றில் சேர்க்கப்பட வேண்டிய மின்தடை எவ்வளவு ?

7. ஒரு சமநிலை முன்னிலைத்திறனை அளக்க, ஒரு துல்லியமான பன்னிலைத் திறனளவி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இரு திறனளவி இணைப்புடன் கருவி மின்மாற்றிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. முதன்மை மின்னழுத்தம் மற்றும் மின்னோட்டம் முறையே 3·5 கி. வோ. மற்றும் 50 ஆ. (மின்வழி மதிப்புகள்) திறன்கூறு 0·8 பின்.

மின்னழுத்த மின்மாற்றிகளின் விகிதம் 3300/110. நிலைப்பிழை 0·333° (பின்) மின்னோட்ட மின்மாற்றிகளின் விகிதம் 50/5. விகிதப்பிழை 0·2% நிலைப்பிழை 0·25 (முன்) திறனளவியின் காட்சிப்பதிவையும், அளவியின் ஒவ்வொரு கூறும் ஏற்கும் பங்கையும் கண்டுபிடிக்கவும்.

8. கீழ்க்கண்ட விவரங்களிலிருந்து சுமையின் திறனைக் கண்டுபிடி.

மின்னழுத்தமானியின் காட்சிப்பதிவு	107·3 வோ.
மின்னோட்டமானியின் காட்சிப்பதிவு	4·87 ஆ
திறனளவியின் காட்சிப்பதிபு	401·0 வா.
மின்னழுத்த மின்மாற்றியின் விகிதம்	1·002/1
,, ,, நிலைக்கோணம்	0·1667°
மின்னோட்ட மின்மாற்றியின் விகிதம்	50·1/1
,, ,, நிலைக்கோணம்	+0·0333°

கருவி மற்றும் மின்மாற்றிகளின் திறனிழப்பின் விளைவு புறக்கணிக்கப் படலாம்.

6. ஆற்றலளவிகள்
(Energy Meters)

6·1. ஆற்றலும், கட்டணமும் (tariff)

மின் ஆற்றலுக்கான கட்டணம் உபயோகிப்பவருக்குத் தேவையான திறன் மற்றும் நேரத்தைப் பொருத்து வசூலிக்கப்படுகிறது. திறன் மற்றும் அது உபயோகப்படுத்தப்படும் நேரம் இவற்றின் பெருக்கம் ஆற்றல் எனப்படும். ஆற்றலின் அலகு (unit) கிலோ வாட் மணி (kilo watt-hour) எனப்படும். சுருக்கமாக 'கிவாம' என எழுதப்படும். குறைந்த மின்னழுத்த உபயோகிப்போருக்கு ஒரு கிவாமவுக்கு குறிப்பிட்டளவு என்ற கணக்கில் கட்டணம் வசூலிக்கப்படும். ஆகவே ஆற்றலை அளக்கவேண்டியதாகிறது.

ஆற்றலை திறனளவியைக் கொண்டு திறனை அளந்து நேரத்தால் பெருக்கிக் கண்டுபிடிப்பது என்பது இயலாது. ஏனெனில் திறன் மாறிக்கொண்டே இருக்கக்கூடும். ஆகவே ஆற்றலை நேராகவே கிவாம அலகுகளில் அளக்கும் ஒரு கருவி தேவைப்படுகிறது. அதுவே ஆற்றலளவி எனப்படும்.

பொதுவாக மூன்றுவகையான ஆற்றலளவிகள் உள்ளன. அவையாவன ;

(அ) மின் பகுப்பளவிகள் (Electrolytic Meters)

(ஆ) மின்னோடி அளவிகள் (Motor Meters)

(இ) கடிகார அளவிகள் (Clock Meters)

முதல் வகை நேர்மின்சாரத்திலும், மற்றவை இருவகை மாறு மின்சாரத்திலும் உபயோகிக்கப்படக் கூடியவை.

6·2. மின் பகுப்பளவிகள்

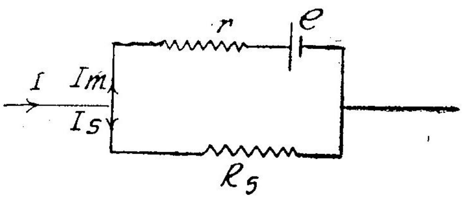
ஒரு மின்பகு பொருளில் (Electrolyte) மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும் பொழுது அதிலிருந்து ஒரு வாயு வெளிப்படுகிறது. அல்லது

ஒரு உலோகம் பிரிந்து படிகிறது. மின்பகுப்பளவிகள் வெளிப்படும் வாயு அல்லது படியும் உலோகம் இவற்றின் அளவைக்கொண்டு ஆற்றலைக் கணக்கிடுகின்றன.

ஆகவே, இவை பொதுவாக ஆம்பியர்-மணி (ampere-hour) அளவிகள் ஆகும்.

மின் பகுப்பளவிகளை இணைத்தடத்துடன் பயன் பயன்படுத்தி நெடுக்கத்தை விரிவாக்கலாம்.

படம் 6·1 காண்க,



படம் 6·1

அளவியில் எதிர் மின் இயக்கு விசை $= e$

அளவி மின்சுற்றின் மின்தடை $= r$

இணைத்தட மின்தடை $= R_s$

சுமை (load) மின்னோட்டம் $= I$

அளவி மின்னோட்டம் $= I_m$

இணைத்தட மின்னோட்டம் $= I_s$

$$I_s R_s = I_m r + e$$

ஆனால்
$$I = I_s + I_m$$

$$\therefore (I - I_m) R_s = I_m r + e$$

$$I R_s = I_m (r + R_s) + e$$

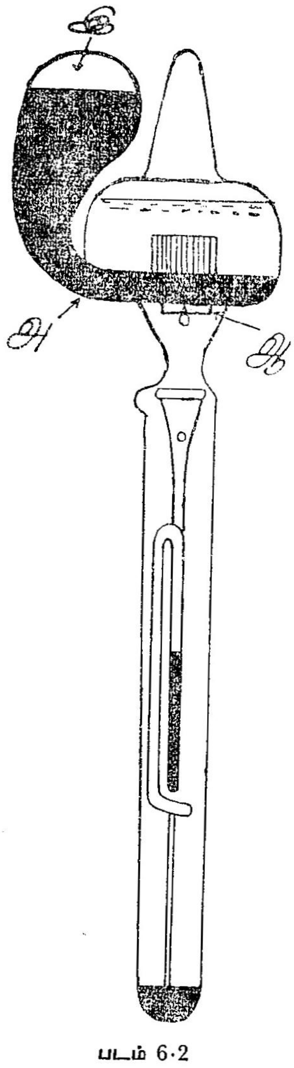
$$I_m = \frac{I R_s}{r + R_s} - \frac{e}{r + R_s}$$

$$\frac{I_s}{I} = \frac{R_s}{r + R_s} - \frac{e}{I (r + R_s)}$$

ஆகவே, அளவியின் எதிர்மின் இயக்கு விசை 'e' மாறிலியானால் அளவி மின்னோட்டம் சுமை மின்னோட்டத்தின் விகிதச் சமத்தில் இல்லை என்றும், சுமை மின்னோட்டம் குறையும்பொழுது அளவி மின்னோட்டம் அதிகம் குறைகிறது என்றும் தெரிய வருகிறது.

6·3 ரீசன் (Reason) அளவி :

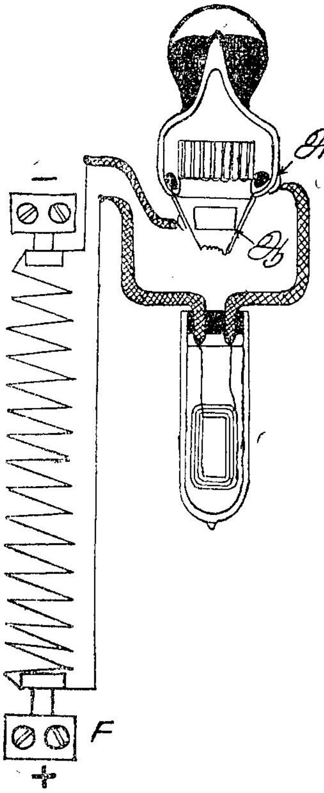
இந்தக் கருவி படம் 6·2-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குழாயின் மேலே சிறு வளையமாக உள்ள பாதரசம், படத்தில் ‘அ’ நேர்முனை (anode) எனப்படும். அளப்பதற்குப் பயன்படுத்தும்பொழுது பாதரசம் எதிர்முனை (cathode) ‘ஆ’வைச் சென்றடையும். இதனால் நேர்முனையில் குறையும் அளவை ‘இ’ என்னும் தேக்கியில் (reservoir) உள்ள பாதரசம் நிரப்புகிறது. எதிர்முனை ‘ஆ’ இரிடியத்தால் ஆன ஒரு வளையமாகும். மின்பகு பொருள் பாதரசம் மற்றும் பொட்டாசியம் அயோடைடு கலந்த ஒரு பூரிதக் கரைசல் ஆகும். அளக்கும் குழாயின் வாய் ஒரு புனல் (funnel) வடிவமாக எதிர்முனை வளையத்திற்குக் கீழே உள்ளது. மின்னோட்டத்தின் மின்பகு செயல் (electrolytic action) மூலம் மின்பகு பொருளிலிருந்து பிரியும் பாதரசம் இந்தக் குழாயில் விழுகிறது. இந்தக் குழாயின் ஒரு பக்கத்தில் ‘கிவாம’வில் அளவீடு செய்யப்பட்ட அளவுத் திட்டம் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. இந்தச் சிறு குழாயில் நூறு அலகுகள் நிரம்பிய உடன் பெரிய குழாயில் சென்று விழுவதற்கு ஏதுவாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆகவே பெரிய குழாயில் 100, 200 என்ற வரிசையில் குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது.



படம் 6·2
ரீசன் மின் பகுப்பளவி

இக்கருவியில் மின்பகு செயல் கீழ்க் கண்டவாறு நடைபெறுகிறது. மின்னோட்டம் பிளாட்டினக் கம்பி மூலமாக உள்ளேயும் வெளியேயும் செலுத்தப்படுகிறது. ஒன்று இரிடியம் எதிர்முனையுடன் உருக்கி ஒன்ருக்கப்பட்டுள்ளது (welded). மற்ருென்று பாதரச நேர்முனைக்குள் நுழைக்கப்பட்டு இருக்கிறது. மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டதும் ஒரு ரசாயனக் கிரியை (chemical action) ஏற்பட்டு நேர்முனையிலிருக்கும் பாதரசம் எதிர்முனையை வந்தடை-

கிறது. மின்பகு பொருளில் ஒரு மாறுதலும் இல்லை என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. எதிர்முனையில் பாயும் பாதரசத்தின் அளவு மின் கணியத்தின் (quantity of electricity) விகிதச் சமத்தில் இருக்கிறது. அளக்கும் குழாய் ஒரே வெட்டுப் பரப்பை உடையதாகையால் சீரான அளவுக் குறிகளுடன் அளவீடு செய்யப்பட்டிருக்கிறது. அளவியைக் கவிழ்த்து பாதரசத்தை தேக்கிக்குத் திரும்பிச் செல்லுமாறு செய்து அளவி தொடக்க நிலைக்கு கொண்டு வரப்படுகிறது.



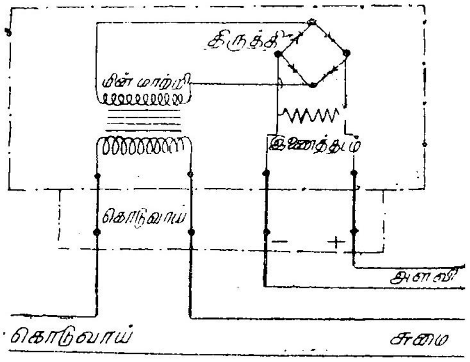
படம் 6·3
ரீசன் மின் பகுப்பளவியின் இணைப்புகள்

இந்தக் கருவியின் அளவுத் திறனை அதிகரிப்பதற்காக ஒரு இணைத்தடம் பயன்படுத்தப்படும். இவ்வளவி எதிர் மின் தடை வெப்பநிலை எண் (negative temperature coefficient) உடையதாகையால் நேர் (positive) மின்தடை வெப்பநிலை எண் உடைய ஒரு மின்தடையுடன் தொடர்ச்சியாக இணைத்து பிறகு இணைத்தடத்துடன் இணைக்கப்படும். இந்த மின்தடை ஒரு பகுதி தகரம் பூசப்பட்ட இரும்பினாலும் மிகுதி கான்ஸ்டன்டன் (constantan) என்னும் உலோகத்தாலும் செய்யப்பட்டிருக்கும். இப்பகுதிகளின் நீளம், இம் மின்தடை, அளவி ஆகிய இவ்விரண்டின் மொத்த மின்தடை எல்லா வெப்பநிலையிலும் மாறிலியாக இருக்குமாறு அமைக்கப்படும். இணைத்தடம் மாங்கனின் (Manganin) எனப்படும் உலோகத்தால் செய்யப்படும். இவ்விணைப்புகளை படம் 6·3-ல் காண்க.

இவ்வளவிகளை பொதுவாக மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படுத்த முடியாது என்றாலும் ரீசன் மின் பகுப்பளவிகளுடன் ஒரு சிறிய திருத்தியும் பயன்படுத்தப்பட்டு மாறு மின்சாரத்திலும் ஆற்றல் அளக்கப்படுகிறது. திருத்தியின் அமைப்பு படம் 6·4-ல் காண்க. அதில் ஒரு மின்னேட்ட மின்மாற்றியும் முழு அலை தாமிர ஆக்சைடு திருத்தியும் (full wave copper oxide rectifier) உள்ளன.

6·4 மின் பகுப்பளவியின் அனுகூலங்களும் பிரதிகூலங்களும்

மின் பகுப்பளவிகள் எளிதானவை, மலிவானவை. குறைந்த சுமையிலும் துல்லியமாக (accurate) கணக்கிடக் கூடியவை.



படம் 6·4

ரீசன் திருத்தி—மின் பகுப்பளவிக்காக

வெளி காந்தப் புலன்களால் (stray magnetic field) பாதிக்கப் படாதவை. மற்றும் உராய்வுப் பிழை அற்றவை.

ஆயினும் இவற்றின் மின் முனைகளுக்கு இடையே சுமார் 1 முதல் 2 வோல்ட் வரை மின்னழுத்தச் சரிவு ஏற்படுகின்றன. இவற்றின் பாகங்கள் கண்ணுடியால் ஆகியவைகள். ஆதலால் எளிதில் உடையக்கூடியவை. மேலும் தொடக்க நிலைக்கு கொண்டு வருதல், குறையும் மின்பகு பொருளை நிரப்புதல் போன்றவைகள் அடிக்கடி செய்யவேண்டி வரும். தொடக்க நிலைக்கு திருப்பி வைக்கும்பொழுது பழைய காட்சிப்பதிவு மறைந்துவிடுகிறது.

6·5 மின்னோடி அளவிகள்

நேர் மின்சாரம் அல்லது மாறு மின்சாரம் இரண்டிலும் இவை உபயோகப்படுத்தப்படலாம். ஆம்பியர்-மணி அளவிகள் மற்றும் வாட்-மணி அளவிகள் இவை இரண்டுமே நேர் மின்சாரத்தில் பயன்படுத்தப்படலாம். இவ்வளவிகளில், காட்டும் கருவிகளில் உள்ளதுபோல் இல்லாமல், இயங்கமைப்பு தொடர்ந்து சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தச் சுழற்சியின் வேகம் ஆம்பியர்-மணி அளவியில் மின்னோட்டம் பாயும் வேகத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும்; வாட்-மணி அளவியில் இது மின் திறனுக்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும். இதனால் சுழலும் பகுதி, ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் சுழன்ற சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை, ஆம்பியர்-மணி அளவியில் அதே நேரத்தில் செலுத்தப்பட்ட மின் கணியத்திற்கு

விகிதச் சமத்தில் இருக்கிறது; வாட்-மணி அளவியில் அதே நேரத்தில் செலுத்தப்பட்ட ஆற்றலுக்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கிறது. இவ்வளவிகளில் ஏற்படும் சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை அதற்கென செய்யப்பட்டிருக்கும் ஒரு இயந்திர சாதனத்தால் பதிவு செய்யப் படுகிறது. இவ்வியந்திர சாதனம் சுழலும் அச்சோடு பல்லிணைத் தொடர்ச்சி இணைக்கப்பட்ட ஒன்றாகும்.

இதன் வேகமானது, சுழலமைப்பில் (rotating system) சில பகுதிகளில் மின்னோட்டத் தூண்டல் உண்டாகச் செய்யுமாறு ஒரு நிலைக்காந்தம் பொருத்தப்பட்டு கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. இந்த தூண்டு மின்னோட்டம் அதன் எண் மதிப்பிற்கு (magnitude) விகிதச் சமமான தடுக்கச் சுழற்றுமை (retarding torque) உண்டாக்கு கிறது. இந்தத் தடுக்கச் சுழற்றுமை சுழலமைப்பின் வேகத்திற்கும் விகிதச் சமத்தில் இருக்கிறது.

6·6. மின்னோடி அளவிகளில் ஏற்படக்கூடிய பிழைகள்

மின்னோடி அளவிகளில் பொதுவாக இரு முக்கிய பிழைகள் ஏற்படக்கூடும். அவையாவன; (1) உராய்வுப் பிழை (friction error), (2) தடுப்புப் பிழை (braking error). சுழலமைப்பு தொடர்ந்து செயல்படுவதால், இவ்வளவிகளில் உராய்வுப் பிழை காட்டும் கருவிகளைவிட மிகவும் கவனத்திற்குரியது. இது சுழலமைப்பின் வேகத்தைப் பாதிக்கின்றது. இந்த அளவிகளில் உள்ள தடுப்புச் செயல் காட்டும் கருவிகளில் உள்ள ஒடுக்கலுக்கு (damping) நிகரானது. இந்தத் தடுப்புச் சுழற்றுமை இத்தொகு கருவிகளில் இயங்கும் சுழற்றுமையை நேரிடையாகப் பாதிப்பதால் ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கையை பாதிக்கிறது.

சுழலும் பகுதிகள் சுழல ஆரம்பித்த உடனேயே, இக்கருவி களில் உராய்வுப் பிழை ஏற்பட்டு ஆற்றலை சரியானபடி பதிவு செய்ய இயலாத நிலை ஏற்படக் கூடும். குறைந்த சுமையில் இவ்விசைகள் சுழலமைப்பை சுழல விடாமலேயே செய்யக் கூடும். இந்த உராய்வுச் சுழற்றுமை, ஒரு அளவியின் சுழலும் பகுதி சுழன்று கொண்டிருக்கும்பொழுது, நிலையாக இருப்பதாகக் கொண்டால், அதை சுமைக்குத் தொடர்பு இல்லாத நிரந்தரமான ஒரு செலுத்தும் சுழற்றுமை ஏற்படச் செய்து ஈடு செய்யலாம். சாதாரண நிலையில் ஒரு அளவி இயங்கும்பொழுது அதன் வேகத்தைப் பொருத்த ஓர் உராய்வுச் சுழற்றுமை ஏற்படுகிறது. ஆனால் அது தடுப்புச் செயலை மட்டுமே அதிகரிப்பதால் அவ்வளவு இன்றியமையாததாக ஆகாது.

ஆயினும், பாதரச மின்னோடி (mercury motor) வகை போன்ற சில அளவிகளில் வேகத்தின் வர்க்கத்தின் விகிதச் சமத்திலிருக்கும் உராய்வுச் சுழற்றுமை நிலவுகின்றது. இது ஈடு செய்யப்பட வேண்டும். உராய்வுச் சுழற்றுமை தாங்கிகளின் (bearings) சுமைக்கு விகிதச் சமத்தில் இருப்பதால் சுழலமைப்பின் எடை கூடுமான அளவு குறைவாக இருத்தல் வேண்டும்.

தடுப்புச் செயலில் ஏற்படும் மாறுதல்களால் ஏற்படும் பிழைகள் பொருத்தவரை பின்வருமாறு கூறலாம். வேகத்தின் விகிதச் சமத்தில் இருக்கும் தடுப்புச் சுழற்றுமை செலுத்தும் சுழற்றுமைக்குச் சமமாக இருக்குமாறு அதன் வேகம் அமையும்.

கீழ்க்கண்ட குறிகளை உபயோகிக்க,

தடுப்புச் சுழற்றுமை $= T_B$

தடுப்புக்காந்தப் பாயம் $= \Phi$

தடுப்புக்காந்தப் புலனில் சுழலமைப்பின் சுழற்சியால் தூண்டப் பட்ட மின்னோட்டம் $= i$

தூண்டப்படும் மின்னழுத்தம் $= e$

சுழல் தட்டில் 'i' என்ற மின்னோட்டத்தின் பாதையிலுள்ள மின்தடை $= r$

சுழலமைப்பின் வேகம் $= n$

$$T_B \propto \Phi i$$

$$i = \frac{e}{r}$$

$$e \propto \Phi n$$

$$\therefore \quad T_B \propto \Phi \times \frac{\Phi n}{r}$$

$$\propto \frac{\Phi^2 n}{r}$$

இந்தத் தடுப்புச் சுழற்றுமை T_B, செலுத்தும் சுழற்றுமை T_Dக்கு சமமாகும் பொழுது நிலையான வேகம் ஏற்படுகிறது. அந்நிலையான வேகம் 'N' என்றால் அவ்வேகத்தில் ஏற்படும் தடுப்புச் சுழற்றுமை,

$$T_B \propto \frac{\Phi^2 N}{r}$$

ஆனால் $T_D = T_B{}^1$

$$\therefore \quad T_D \propto \frac{\Phi^2 N}{r}$$

அல்லது $N \propto \frac{r}{\Phi^2} T_D$

ஆகவே ஒரு நிலையான செலுத்தும் சுழற்றுமை T_Dக்கு இணக்க மாக அளவியின் நிலையான வேகம், தூண்டப்பட்ட மின்னேட்டப் பாதையின் மின் தடையின் விகித சமத்திலும், தடுப்புக் காந்த பாயத்தின் வர்க்கத்திற்கு எதிர் விகிதத்திலும் இருக்கும்.

இதிலிருந்து, தடுப்புக் காந்தத்தின் வலிமை, அளவி வேலை செய்யும் பொழுது மாருத நிலையில் இருக்க வேண்டும் என்பதைக் கவனிக்கவும். இவ்வித அமைப்புகள் ஏற்படுத்தும் பொழுது இந்நிலைத் தன்மை உறுதியாக இருக்குமாறு செய்வது மிக இன்றி யமையாதது. பொதுவாக வெப்பநிலை ஏற்றம் மின் தடையை அதிகப்படுத்துவதால் தடுப்புச் சுழற்றுமை குறையும். இந்தக் குறையை ஈடு செய்வது சிறிது கடினம். ஆனல் சில அளவிகளில் செலுத்தும் சுழற்றுமை வெப்பநிலை ஏற்றத்தினல் குறைக்கப்பட்டு தானகவே சிறிதளவு ஈடு செய்யப்படுகிறது. $30° F$ வெப்ப நிலை மாற்றத்திற்கு அளவியின் தட்டின் வேகம் 1 சதவீதம் அதிகரிக்கு மாறு, வெப்பமாற்றத்திற்கு ஏற்ப உட்புகுத்திறன் (permeability) மாறும்படி ஒரு காந்த இணைத்தடம் (magnetic shunt) பொறுத்தப் படுகிறது.

6·7. நேர் மின்சாரத்திற்கான மின்னேடி அளவிகள்

நேர் மின்சார மின்சுற்றுகளுக்கான மின்னேடி அளவிகளில் இரு வகையுண்டு. அவை யாவன :

(1) பாதரச மின்னேடி அளவிகள்

(2) திசைமாற்றி (commutator) மின்னேடி அளவிகள்.

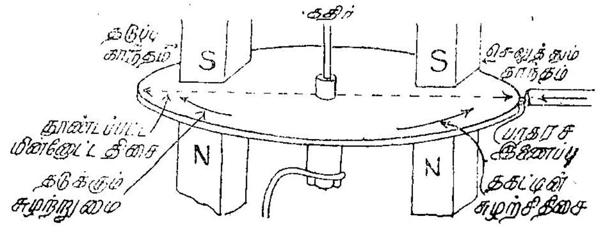
இவைகளின் மிக முக்கிய வேறுபாடு யாதெனில், அளவியின் மின்னகம் அல்லது சுழலமைப்பு இவற்றினுள் மின்னேட்டத்தைப் புகுத்தும் முறையே. முதல் வகையில் மின்னகம் பாதரசத்தில் மூழ்கிச் சுழலும் ஒரு மெல்லிய உலோகத் தகடாகும். இதில் தட்டுடன் மின் தொடர்பை ஏற்படுத்த பாதரசம் உபயோகப்படு கிறது. இரண்டாவது வகையில் பாதரசத்திற்குப் பதிலாக திசை மாற்றிகள் உபயோகப்படுத்தப் படுகின்றன.

6·8. ஆம்பியர்-மணி மின்னேடி அளவிகள்

நேர் மின்சார மின் சுற்றுகளில் பொதுவாக உபயோகிக்கப் படும் பாதரச ஆம்பியர்-மணி அளவி பெராண்டி (Ferranti) அளவி ஆகும். இது இயங்கும் விதம் படம் 6·5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இந்த அளவியில் இரு நிலைக்காந்தங்கள்—ஒன்று இயக்கவும் மற்றொன்று தடுக்கவும்—உண்டு. இக்காந்தங்கள் மெல்லிரும்பினு

லான காந்த முனைகள் உடையவை. இம்முனைகள் வட்ட வடிவ பித்தளைத் துண்டுகளில் பொருந்துகின்றன. இவைகளுக்கு இடையில் அதே விட்ட அளவுள்ள இழைவளையங்கள் (fibre rings) உள. அத்தட்டுகளும் இழை வளையங்களும் சேர்ந்து ஓர் ஆழமற்ற வட்டமான பெட்டியாகிறது. இப்பெட்டியினுள் உள்ள பாதரசம் கலந்த



படம் 6·5

பெராண்டி ஆம்பியர் அளவி தத்துவம்

தாமிரத் தகடு அளவியின் மின்னகமாக இயங்குகிறது. இந்தப் பெட்டியினுள் உள்ள மீதி இடத்தில் பாதரசம் நிரப்பப்பட்டு அந்தப் பாதரசம் தகட்டின் மேல் போதுமான அளவு ஓர் மேலழுத்தத்தை உண்டாக்கி தாங்கியின் மேலுள்ள அழுத்தத்தைக் குறைக்கிறது. கதிரின் அடிப்பாகத்தில் இத்தகடு பொருத்தப்பட்டு மணித்தாங்கிகளில் (jewelled bearings) இயங்குகிறது. இதன் மேற்பகுதியில் பதிவு இயந்திர அமைப்பின் பல்லிணைத் தொகுதி இணைக்கத்தக்க ஒரு பிளவு உண்டு. வலப்புற பரிதியில் மின்னோட்டம் பாதரச மூலம் தகட்டில் செலுத்தப்பட்டு மையத்தை அடைந்து கதிரின் வழியாக வெளியேறுகிறது.

வலப்புற காந்தப் புலனில் மின்னோட்டம் இருப்பதால் சுழற்றுமை உண்டாகி படம் 6·5-ல் காட்டியவாறு தகடு சுழல்கிறது. சுழலும் பொழுது இடப்புற காந்த மண்டலத்தால் சுழல் ஓட்டம் (eddy current) தகட்டில் தூண்டப்படுகிறது. அதனால் தடுப்புச் சுழற்றுமை (braking torque) படத்தில் காட்டியவாறு உண்டாகி தகட்டின் சுழற்சி வேகத்தைக் கட்டுப் படுத்துகிறது.

முன் காட்டியமாதிரி வேகம்,

$$N \propto \frac{r}{\phi^2} T_D$$

ஆனால், செலுத்தும் சுழற்றுமை $T_D \propto$ மின்னோட்டம் I 'r'ம், 'ϕ'யும் மாறிலிகளானல்

$$N \propto I$$

அதாவது தகட்டின் சுழற்சி வேகம் மின்னோட்டத்தின் விகித சமத்தில் உள்ளது. ஆகவே ஒரு குறித்த கால அளவில் சுற்றுகளின் (revolutions) எண்ணிக்கை செலுத்தப்பட்ட மின் கணியத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும். அதாவது $\int Idt$க்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும்.

தட்டு சுழலும்பொழுது பாதரசத்தால் ஏற்படும் உராய்வை ஈடு செய்ய, அந்த இரு நிலைக் காந்தங்களுக்குக் குறுக்காக இரு இரும்புக் கம்பிகள்—ஒன்று பாதரச அரைக்கு மேலும், மற்றொன்று கீழுமாக வைக்கப்பட்டுள்ளன. கீழ் கம்பி ஒரு சில சுற்றுக்களே கொண்ட ஈடு செய்வதற்கான சிறு சுருளை ஒன்றைத் தாங்குகிறது. சுமை மின்னோட்டம் அதன் வழியாகவே செல்கிறது. இச்சுருளை ஓர் உள்ளீட்டு காந்த புலனை (local magnetic field) ஏற்படுத்தி வலப் பக்க காந்தப் புலனை வலு வடையவும், இடப்பக்க புலனை வலு இழக்கவும் செய்கிறது. இதனால் திரவ உராய்வு ஈடு செய்யப் படுகிறது.

தாங்குராய்விற்கு (bearing friction) ஈடு செய்ய வேண்டிய அவசியம் இல்லை. தகட்டின் மேலுள்ள பாதரச அழுத்தத்தால் தாங்கி அழுத்தம் மிகக் குறைவாகிறது.

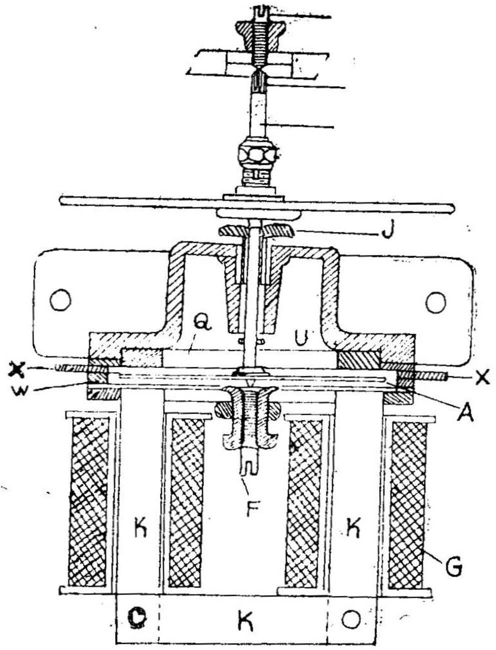
மற்றொரு ஆம்பியர்-மணி பாதரச அளவி சாம்பர்லேன் கூக்காம் (Chamberlain & Hookham) ஆம்பியர்-மணி பாதரச அளவியாகும். ஒரே நிலைக் காந்தம் செலுத்துச் சுழற்றுமை மற்றும் தடுப்புச் சுழற்றுமையையும் உண்டாக்குகிறது என்பதைத் தவிர பெராண்டி அளவியும் இதுவும் வேலை செய்யும் விதம் ஒன்றே.

திரவ உராய்வை ஈடு செய்ய சுமையுடன் தொடர் சுருள்கள் சுற்றப்பட்ட ஒரு இரும்புக் கட்டை நிலைக் காந்தத்தின் காற்று இடைவெளிக்கு இணையாக வைக்கப்பட்டு இருக்கிறது. இது பலத்த சுமையில் பின்னதிலுள்ள பாயத்தைக் குறைக்கிறது. தடுப்புச் சுழற்றுமை பாயத்தின் வர்க்கத்திற்கு விகிதச் சமமாக இருப்பதாலும், செலுத்தும் சுழற்றுமை பாயத்திற்கு விகித சமத்தில் இருப்பதாலும், தடுப்புச் சுழற்றுமையை விட செலுத்தும் சுழற்றுமை அதிகரிக்கிறது.

6·9. வாட்-மணி பாதரச அளவிகள்

சேம்பர்லேன் கூக்காம் வாட்-மணி பாதரச அளவியை படம் 6·6, 6·7 ஆகியவற்றில் காணலாம். இந்த அளவியில் ‘ ஊ ’ என்ற மின்காந்தம் இருக்கிறது. கொடுவாய்க்கு எதிராக, ஒரு மின் தடையுடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ள, ஒரு சோடி காந்தமாக்கக் கூடிய சுருள்களை இது தாங்குகின்றது. இதனால் அலைகளுள்

பாயும் மின்னோட்டம் மின்னழுத்தத்திற்கு விகித சமத்தில் இருக்கிறது. இந்த காந்தம் அலுமினியத் தகடு மின்னகம் உள்ள பாதரச

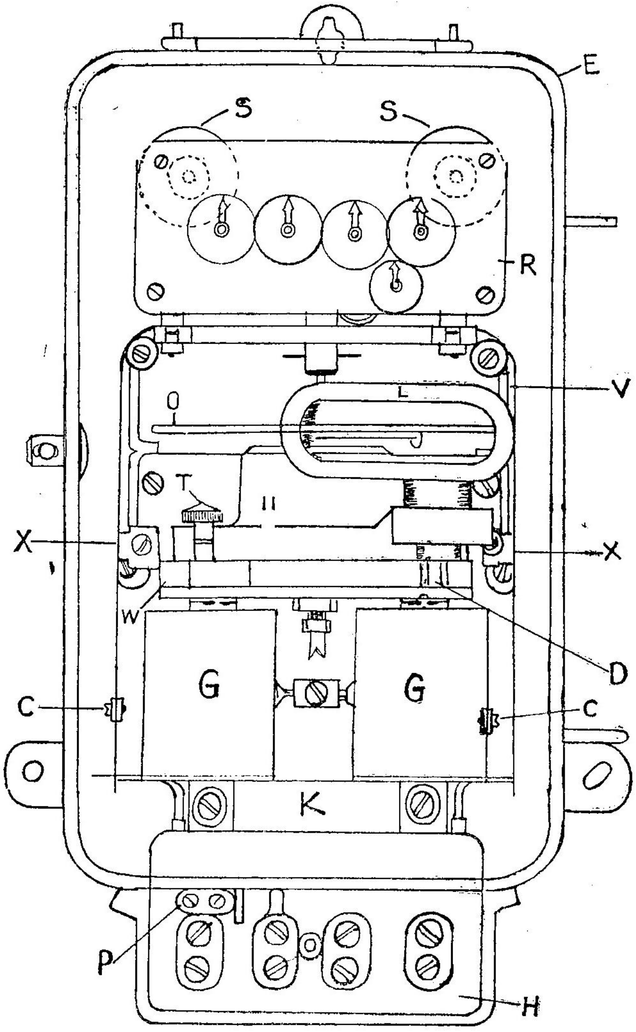


படம் 6·6
சேம்பர்லேன் கூக்காம் வாட்மணி பாதரச அளவி

அறைக்குக் கீழாக அமைக்கப்பட்டு இருக்கிறது. இந்தத் தகட்டிற்கு மேல் ' ஒ ' என்ற இரும்பு வளையம், மின் காந்தத்தின் காந்தச் சுற்றை பூர்த்தி செய்து, அந்தத் தகட்டிற்கு செங்குத்தாக காந்த புலன் அமையுமாறு செய்கிறது. அத்தகட்டில் ஆரக்கால் காடிகள் (radial slots) உள்ளன. அவைகளின் மூலமும் நேர் எதிர்முனை களில் உள்ள பாதரச கொடுமுனைகள் மூலமும் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இந்த வெட்டுகள் இதே தகடு தடுப்புக்குப் (braking) பயன் படுவதைக் தடுக்கின்றது. அதற்காக ' ஒ ' என்ற வேறொரு அலுமினியத்தகடு, கதிருடன் பொருத்தப்பட்டு நிலைக் காந்தத்தின் உதவியால் தடுப்பு ஏற்படுத்துமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

சாதாரணமாக எதிர்பார்க்கக்கூடிய மின்னழுத்த வேறுபாட்டு எல்லைக்குள் மின் காந்தத்தின் பாயம், காந்தமாக்குகின்ற சுருள் களின் மூலம் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் இருப்ப தாகக் கொள்ளலாம். ஆதலால் மின்னகத்தை இயக்குகின்ற

சுழற்றுமை, அதில் பாயும் மின்னேட்டம், மற்றும் மின் காந்தத்தின் பாயம் இவற்றின் பெருக்கத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் இருப்பதால் மின் சுற்றின் திறனுக்கு விகிதச் சமத்தில் உள்ளதாக ஆகிறது. தடுப்புச்



படம் 6·7
பாதரச வாட்மணி அளவி

சுழற்றுமை மின்னகத்தின் வேகத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் உள்ளதால், அளவியின் நிலையான வேகம் திறனின் விகிதச் சமத்தில் உள்ளது.

ஆகவே சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை, கொடுக்கப்பட்ட வாட்-மணிகளுக்கு, அதாவது $\int EIdt$க்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும்.

உயர்வேகச் சுழற்சியில் திரவ உராய்வை ஈடு செய்ய மின்னோட்டத்தின் இரண்டொரு சுற்று மின் காந்த முனைகளைச் சுற்றி வரச் செய்யப்படுகிறது. ஆதலால் சுமை அதிகமாக உள்ள பொழுது அந்த புலத்தின் வலிமை மிகுகிறது.

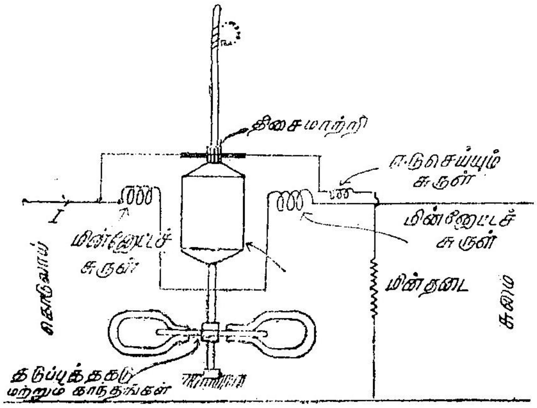
பாதரச வாட்-மணி அளவிகளின் மற்ற வகைகள் இதன் அமைப்பிலிருந்து அதிகம் மாறுபடுகின்றது இல்லை. வாட்-மணி அளவிகளில் திசை மாற்றி வகைகளைவிடப் பாதரச வகை அளவிகளே அதிக உபயோகத்தில் இருக்கின்றன என்பது குறிப்பிடத்தகுந்தது.

மேற் கண்ட வகைக் கருவிகளில் வீடு செய்வதில் பல சீரமைப்புகள் (adjustments) செய்ய வேண்டியிருக்கும். சீரமைப்புச் செய்யக்கூடிய காந்த இணைத்தடங்கள் (shunts) நிலைகாந்தங்களின் புல வலிமையை மாற்றுவதற்காக ஆம்பியர் மணி அளவிகளில் பொருத்தப் படுகின்றன. அதிக அல்லது குறைந்த சுழற்றுமை உண்டாக்கு மாறு தடுப்புக் காந்தங்களை சீரமைப்பதன் மூலமோ, நிலைக்காந்தங்களின் நிலையை சீரமைப்பது மூலமோ வாட்-மணி அளவுகளின் வகைப் படுத்தல் மாற்றப் படலாம். பதிவு செய்யப் பயன்படும் பல்லிணைத் தொகுதியின் பல்லிணை விகிதங்களை மாற்றுவதன் மூலம் அதிக அளவில் அளவீடுகளை மாற்றலாம். இதற்காக அளவி சோதனைச் சாலைகளில் ஏராளமான பல்லிணைகள் சேகரித்து வைக்கப் பட்டிருக்கும்.

6·10. திசை மாற்றி அளவிகள்

படம் 6.8-ல் எலிகூ-தாம்சன் (Elihu-Thomson) என்று சொல்லப் படுகிற திசைமாற்றி வாட்-மணி அளவியின் சாதாரண வகையின் தத்துவம் விளக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொன்றும் சில தாமிரத்துண்டுகளைக் கொண்டுள்ள இரு நிலையான காந்தச் சுருள்கள் உள. இவை சுமை மின்னோட்டத்திற்கு விகிதச்சமத்தில் உள்ள காந்த புலனை உண்டாக்குகின்றன. இந்தப் புலனில் ஒரு சிறிய திசை மாற்றியின் பகுதிகளோடு பிணைக்கப்பட்டுள்ளன அநேக சுருள்களைத் தாங்கியுள்ள மின்னகம் சுழல்கிறது. இந்த மின்னகச் சுருள்கள் காந்த சக்தியற்ற ஓர் அமைப்பில் சுற்றப் பட்டு திசைமாற்றியைத் தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் தொடுவிகளோடு (brushes) பிணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவை பொருத்தமான ஒரு மின்தடையுடன் தொடராக இணைக்கப் பட்டு கொடுவாய் மின்முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. உராய்வைத் தடுக்கும் பொருட்டு திசை மாற்றி வெள்ளியினாலும் தொடுவிகள் வெள்ளி தோய்க்கப் பட்டவையாகவும் இருக்கும்.

ஈடு செய்யும் சுருள் ஒன்று மின்னகத்துடன் தொடராக இணைக் கப்பட்டு, மின்னழுத்தச் சுருளில் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது மின்சுருளில் ஏற்படுகின்ற காந்த புலத்தை பலப்படுத்தும் வகையில் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இதன் நோக்கம் உராய்வுக்கு ஈடுசெய்



படம் 6·8

தலே ஆகும். மின்னழுத்தச் சுருள் ஆற்றலளிக்கப்பட்டு சுமை மின் னோட்டம் இல்லாத பொழுது சுழலாதவாறும் மிகச் சிறிய அளவு சுமை மின்னோட்டம் ஓடும் பொழுது சுழலுமாறும் ஈடு செய்யும் சுருள் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். மின்சுற்றின் மின்னழுத்தத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் உள்ள ஒரு மின்னோட்டத்தை இந்த மின்னகம் சுமக்கிறது. மின்சுருள் உண்டாக்குகின்ற பாயம் மற்றும் இந்த மின்னோட்டம் இவைகளுடைய பெருக்கத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் உள்ள சுழற்றுமை, சுமையிலுள்ள வாட்டிற்கு விகித சமத்தில் அமைகிறது.

இந்த அளவியில் படத்தில் காட்டியுள்ளபடி ஒரு அலுமினியத் தகடு பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. அத்தகடு இரு நிலைக்காந்தங் களுக்கு இடையேயுள்ள காற்றிடை வெளியில் சுற்றும் பொழுது அத்தட்டில் தூண்டப்படும் சுழல் மின்னோட்டத்தால் தடுப்புச் சுழற்றுமை உண்டாகிறது. பாதரச அளவியில் உள்ளது போலவே இவற்றிலும் தடுப்புச் சுழற்றுமை தகட்டின் வேகத்திற்கு விகித சமத்தில் இருக்கும். ஆகவே இவ்வளவியின் நிலையான வேகம் சுமையிலுள்ள வாட்டிற்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும் சாதாரணமாக திசைமாற்றி அளவிகள் பாதரச அளவிகளைப் போல் அவ்வளவு அதிகமாகப் பயன்படுத்தப் படுவதில்லை. ஏனெனில் பாதரச அளவிகள் எளிய அமைப்பைக் கொண்டவை. இவற்றில் ஏற்படும் மின்னழுத்தச் சரிவு மிகக் குறைவு. மிக அதிக அளவு மின்னோட்

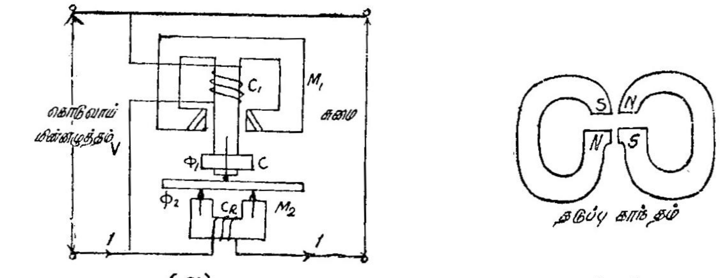
டத்தைத் தாங்கக் கூடியது ; இவற்றில் தொடக்க உராய்வு மிகக் குறைவு.

6·11. மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படுத்தக்கூடிய மின்னேடி அளவிகள்

நேர் மின்சாரத்தில் பயன் படுத்தக்கூடிய இருவகை மின்னேடி அளவிகளுள் பாதரச வகையை மாறு மின்சாரத்தில் பயன்படுத்த இயலாது. திசை மாற்றி வகைகளைப் பயன்படுத்தலாம். அவற்றில் இயங்களவி வகை அளவிகளில் ஏற்படும் பிழைகளே ஏற்படும். ஆனல் மாறு மின்சாரத்தில் வெகுவாகப் பயன்படுத்தப்படுவது தூண்டல் வகைக் கருவிகளே. இவ்வகைக் கருவிகளில் திசை மாற்றிகள் இல்லாததால் அவைகள் ஏற்படுத்தக் கூடிய உராய்வு இல்லாததாலும், $\left(\frac{\text{சுழற்றுமை}}{\text{எடை}}\right)$ விகிதம் அதிகம் உள்ளதாலும் திசை மாற்றிக் கருவிகளை விட அதிகம் துல்லியம் வாய்ந்ததாக உள. இவ்வளவிகள் ஆற்றலை கிலோவாட்-மணிகளில் அளக்கின்றன. இவை தூண்டல் வகைத் திறனளவிகளைப் போலவே வேலை செய்கின்றன. ஆனல் திறனளவியில் உள்ள கட்டுப்படுத்தும் வில் மற்றும் குறிமுள் ஆகியவைகளுக்குப் பதிலாக ஆற்றலளவிகளில் முறையே ஒரு தடுப்புக் காந்தமும் (brake magnet) கதிரும் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

அமைப்பு

படம் 6·9-ல் காட்டியுள்ளபடி இவ்வகைக் கருவிகளில் இரு மின் காந்தங்கள் உள. இவற்றுள் மின் வழி மின்னேட்டத்தால் (line-current) எழுப்பப்படுகிற (excited) மின் காந்தம் M_2, தொடர்



(அ) (ஆ)

படம் 6·9
தூண்டல் வகைக் கருவி அமைப்பு

காந்தம் எனப்படும். இரும்பில் தயக்கமும் (hysterisis) தெவிட்டலும் (saturation) தவிர்க்கத்தக்கது என்று கொண்டால், மின் காந்தம்

M_2 ஏற்படுத்துகிற பாயம் Φ_2 மின் வழி மின்னோட்டத்தின் நிலையிலும் (in phase) அதற்கு விகிதச் சமத்திலும் இருக்கும் மற்றொரு மின் காந்தம் M_2வின் சுருணையில் (winding) மின்னழுத்தம் 'V'க்கு விகிதச் சமத்திலுள்ள மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இம்மின் காந்தம் இணைக் காந்தம் எனப்படும். இது ஏற்படுத்துகிற பாயம் Φ மின்னழுத்தம் V க்கு விகித சமத்திலும், 90° பின் தங்கியும் இருக்கும். இந்த நிலை வேறுபாடு திறன்கூறு ஈடு கட்டி (power factor compensator) எனப் படும் தாமிரப்பட்டை C யை சீரமைப்பதின் மூலம் சரியாக 90° இருக்குமாறு செய்யப்படுகிறது. பாயம் Φ-ன் பெரும் பகுதி மின் காந்தம் M_1ன் மைய மற்றும் பக்கக் கால்களுக்கு இடையே உள்ள இடைவெளி மூலம் செல்கிறது. சிறுபகுதி தகடு D மூலம் செல்கிறது. பாயங்கள் Φ_1, Φ_2 இரண்டும் தகட்டில் மின் இயக்கு விசைகளைத் தூண்டுகின்றன. இம்மின் இயக்கு விசைகள் தகட்டில் சுழல் ஓட்டங்களை ஏற்படுத்துகின்றன. தூண்டல் வகைத் திறனளவி களில் உள்ளதைப் போலவே இவற்றிலும், இவ்விரு பாயங்களும், சுழல் ஓட்டங்களும் எதிர் வினை செய்து செலுத்தும் சுழற்றுமையை ஏற்படுத்துகின்றன. படம் 6·9 'ஆ'வில் காட்டியுள்ளதைப் போல் இரு காந்தங்கள் மின் காந்தங்கள் M_1, M_2 இவற்றிற்கு நேர் எதிராக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை தடுப்புச் சுழற்றுமையை ஏற்படுத்து கின்றன. சுழலும் தகட்டின் விளிம்புப் பகுதி (peripheral portion) தடுப்புக் காந்தங்களின் காற்றிடை வெளி வழியே செல்லும் பொழுது சுழல் ஓட்டங்கள் தூண்டப்பட்டு தேவையான சுழற்றுமை ஏற்படுத்தப்படுகிறது.

தடுப்புக் காந்தங்களின் பாயம் — Φ_1
சுழலும் தகட்டின் வேகம் — N_1
சுழல் ஓட்டப்பாதையின் மின் தடை — R என்றால்

தடுப்புச் சுழற்றுமை $T_B \propto \frac{\Phi^2 N}{R}$

இவற்றுள் பாயம் Φ மற்றும் மின் தடை R, இவையிரண்டும் மாறிலிகளானால்,

$$T_B \propto N$$

அறிமுறை

காந்தம் M_1ன் உச்ச பாயம் — Φ_{1m}
காந்தம் M_2ன் உச்ச பாயம் — Φ_{2m}
இப்பாயங்களுக்கு இடையே உள்ள கோணம் — α
நேரியத்தின் (vector) கோண விரைவு — ω

திறனளவியின் அறிமுறையில் காட்டியுள்ளபடி செலுத்தும் சுழற்றுமை.

$$T_d \propto w\ \Phi_{1m}\ \Phi_{2m}\ \text{சைன்}\ \alpha$$

பாயங்கள் அவற்றை ஏற்படுத்தும் மின்னோட்டங்களின் விகிதச் சமத்தில் உள்ளது என்று வைத்துக் கொண்டால்

$T_d \propto i_1 \cdot i_2 \cdot$ சைன் α

மின்னழுத்தச் சுருளின் மின் நிலைமம் $-L_1$

சுமையின் திறன்கூறு கோணம் $-\phi$ என்றால்

M_1ன் சுருணையில் மின்னோட்டம் $i_1 = \dfrac{V}{\omega L}$

N_2ன் சுருணையில் மின்னோட்டம் $i_2 = I$ (மின்வழி மின்னோட்டம்)

$\alpha = 90° - \phi$

ஆகவே, $T_d \propto w \dfrac{V}{wL} I$ சைன் $(90° - \phi)$

$\propto VI$ கொசைன் ϕ

$\propto$ திறன்

செலுத்தும் மற்றும் தடுப்புச் சுழற்றுமைகள் இரண்டும் சமமாக இருக்கக்கூடிய வேகத்தில் தகடு நிலையாக சுற்றும். ஆகவே நிலையான வேகத்திற்கு,

$T_d = T_B$

$\therefore \quad N \propto$ திறன்

ஆகவே ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் மொத்த சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை, அதாவது $\int_0^t N\,dt$, அளக்கப்பட்ட மின் ஆற்றல் $\int_0^t \omega\,dt$ க்கு விகித சமத்தில் இருக்கிறது.

6·12. தூண்டல் ஆற்றலளவிகளில் ஏற்படக்கூடிய பிழைகளும் அவற்றை ஈடு செய்தலும்

தூண்டல் ஆற்றலளவிகளில் பின்வரும் காரணங்களால் பிழைகள் ஏற்படக்கூடும்.

1. நிலை வேறுபாடு (*phase difference*)
2. உராய்வு
3. ஊர்தல் (creep)
4. வெப்பநிலை மாற்றம்

நிலைப் பிழை (phase error)

இணைக்காந்த பாயத்திற்கும் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத் திற்கும் இடையேயுள்ள நிலைக் கோணம் சரியாக 90° இருப்பதற்காக

அமைக்கப்பட்டுள்ள தாமிரப்பட்டையின் தவருன சீரமைப்பு இப்பிழை ஏற்படக் காரணமாக இருக்கக் கூடும். அளவிகளின் முழுச்சுமை மின்னேட்டம், கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தம், ஒரு கிலோவாட்-மணிக்கான சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை ஆகியவை அறுதியீடு (rating) எனப்படும். இவைக் கருவியின் மேல் மூடியிலுள்ள பெயர்ப் பட்டையில் (name plate) குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.

அளவியை தூண்டாத (திறன்கூறு, ஒன்று) தடையுடன் சோதனை செய்யும்பொழுது, வேகத்தில் ஏற்படும் பிழை, தடுப்புக் காந்தத்தின் நிலையை சீரமைப்பதன் மூலம் தவிர்க்கலாம். இக் காந்த முனைகளை தகட்டின் மையத்தை நோக்கி நகர்த்த, தடுப்புச் சுழற்றுமை குறையும். மையத்தை விட்டு விலக்க தடுப்புச் சுழற்றுமை கூடும்.

திறன்கூறு ஒன்றுக்குக் குறைவாக இருக்கும்பொழுது மட்டுமே தாமிரப் பட்டை நிலையால் பிழை ஏற்படக்கூடும். திறன்கூறு ஒன்றுக்குக் குறைவாக உள்ள சுமையில் அளவியைச் சோதனை செய்யும்பொழுது தகடு சரியான வேகத்துக்குமேல் சுழன்ருல், இப் பிழையை, தாமிரப் பட்டையைத் தகட்டை நோக்கி இறக்குவதன் மூலம் தவிர்க்கலாம். இதேபோல் தகடு குறைந்த வேகத்தில் சுழன்ருல் தாமிரப் பட்டை மேல்நோக்கி நகர்த்தப்பட வேண்டும்.

உராய்வுப் பிழையை ஈடு செய்தல்

இணைக் காந்தத்தின் வெளிக் கால்களில் உள்ள பாயம் தாமிரப் பட்டைகளை ஊடுருவிச் செல்வதால் அவற்றில் சுழல் ஓட்டங்கள் தூண்டப்படுகின்றன. இச்சுழல் ஓட்டங்கள் தங்களை ஏற்படுத்தும் பாயங்களுக்கும், தலைமைப் பாயங்களுக்கும் (main flux) இடையே ஒரு நிலை வேறுபாட்டை ஏற்படுத்துகின்றன. இதன் காரணமாக ஒரு சிறிய செலுத்தும் சுழற்றுமை ஏற்படுகிறது. அத் தாமிரப் பட்டைகளின் நிலையை சீரமைப்பதின் மூலம் கருவியின் உராய்வுச் சுழற்றுமை ஈடு செய்யப்படலாம்.

அளவியைக் குறைந்த சுமையில் சோதனை செய்து உராய்வு சரியான முறையில் ஈடு செய்யப்பட்டிருக்கிறதா என்று பார்க்கலாம். சரியான முறையில் ஈடு செய்யப்பட்டிருந்தால், குறைந்த சுமையிலும் அளவியின் தகடு சரியான வேகத்தில் ஓடும். ஈடு செய்யும்பொழுது, ஈடு செய்யும் சுழற்றுமை அளவியின் தகடு சுமையற்றபொழுதே ஓடாமல் இருக்குமாறு இருக்கவேண்டும்.

ஊர்தல்

சில அளவிகளில் மின்னழுத்தத்துடன் இணைக்கப்பட்டு சுமையில்லாதிருக்கும்பொழுதே மெதுவான வேகத்தில் தகடு சுழலும்.

இது சரியற்ற உராய்வு சீரமைப்பினுலோ, அதிர்வினுலோ (vibration) வெளி காந்த புலன்களினுலோ அல்லது மின்னழுத்தம் அறுதியீட்டு மின்னழுத்தத்தை விட அதிகமாக இருப்பதாலோ இருக்கலாம்.

இந்த ஊர்தலைத் தடுப்பதற்கு, கதிரின் இரு எதிர்ப்புறங்களில் தகட்டில் இரு காடிகள் வெட்டப்படும். ஒரு காடி ஒரு காந்த முனையின் அடியில் வரும்பொழுது தகடு நிலையாக நிற்கச் செய்கிறது. சில அளவிகளில் ஒரு சிறிய இரும்புத் துண்டு தகட்டின் விளிம்பில் பொருத்தப்படும். இத்துண்டின்மேல் இணைக் காந்தத்தின் கவர்ச்சி விசைத் தகடு சுமையற்றபோது சுழலுவதைத் தடுக்கும்.

வெப்பநிலை மாறுதல்

ஒரு தூண்டல் கருவியின் வெப்பநிலை மாறுதலால் ஏற்படும் பிழைகள் மிகவும் குறைவே. ஏனெனில் அவை பெரும்பாலும் ஒன்றையொன்று ஈடு செய்துவிடுகின்றன.

வெப்பநிலை உயரும்பொழுது சுழல் ஓட்டப் பாதையின் மின் தடை அதிகரித்து செலுத்தும் மற்றும் தடுப்புச் சுழற்றுமைகளை குறைக்கின்றது. மின்னழுத்தச் சுருளின் மின்தடையும் உயர்ந்து இணைக் காந்தத்தில் பாயத்தைக் குறைக்கின்றது. ஆகவே செலுத்தும் சுழற்றுமை குறைகிறது. ஆனுல் தடுப்புக் காந்தத்தின் பாயமும் குறைகின்றபடியால் இவற்றின் விளைவுகள் ஒன்றை யொன்று ஈடு செய்து கொள்ளுகின்றன.

தூண்டாத சுமைகளில் வெப்பநிலைப் பிழை தவிர்க்கக் கூடியது. ஆயினும் தூண்டல் சுமைகளில் இப்பிழைகள் பொருட்படுத்த வேண்டிய அளவு முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவையாக இருக்கக் கூடும்.

எடுத்துக்காட்டு 6·1

ஒரு ஆற்றலளவி 212 அலகுகள் பயன்படுத்தியதாகப் பதிவு செய்கிறது. சோதனை செய்து பார்த்ததில் அது 6% வேகமாகச் செல்வதாகத் தெரிகிறது. ஆகவே உண்மையாக உபயோகிக்கப் பட்ட ஆற்றல் எவ்வளவு?

தீர்வு

6% வேகமாகச் செல்வதால் ஒவ்வொரு 100 கிவாமணையும் (KWH) 106 கிவாமவாகப் பதிவு செய்கிறது. ஆகவே,

106 கிவாம (அலகுகள்) பதிவு செய்யப்பட்டால் உண்மையாக உபயோகித்த ஆற்றல் = 100 கிவாம.

212 கிவாம பதிவு செய்யப்பட்டால் உண்மையாக உபயோகித்த ஆற்றல் $= \frac{100}{106} \times 212$

$= 200$ அலகுகள்.

எடுத்துக்காட்டு 6·2

ஒரு ஆம்பியர்-மணி மானி, 250 வோல்ட் நேர் மின்சாரத்தில் பயன்படுத்துவதற்காக அளவீடு செய்யப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு சோதனையின்பொழுது, 300 மணித் துளிகளுக்கு 20 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டது. அளவியின் காட்சிப் பதிவு சோதனைக்கு முன்னும் பின்னும் முறையே 390 கிவாமவும், 416 கிவாமவாகவும் இருந்தால் சதவீதப் பிழை என்ன ?

தீர்வு

பதிவு செய்யப்பட்ட ஆற்றல் $= 416 - 390$

$= 26$ கிவாம

உண்மையாகப் பயன்படுத்தப்பட்ட ஆற்றல்

$= \frac{250 \times 20}{1000} \times \frac{300}{60}$

$= 25$ கிவாம

சதவீதப் பிழை $= \frac{26 - 25}{25} \times 100$

$= 4\%$

எடுத்துக்காட்டு 6·3

ஒரு கிலோவாட்-மணி மானி 10 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டு 30 மணித் துளிகளுக்குச் சோதனை செய்யப்பட்டது. அப்போது அது பதிவு செய்த ஆற்றல் 1·03 கிவாம. அது 200 வோல்ட் மின்னழுத்த மின்சுற்றில் பயன்படுத்தப்பட்டால் அதன் பிழையைக் கண்டுபிடிக்கவும். அளவியின் வேகம் சரியான வேகத்தை விட அதிகமா அல்லது குறைவா என்பதையும் கூறவும்.

தீர்வு

அளவி பதிவு செய்த ஆற்றல் $= 1{\cdot}03$ கிவாம

உண்மையான ஆற்றல் $= \frac{10 \times 200}{1000} \times \frac{30}{60}$

$= 1{\cdot}0$ கிவாம

சதவீதப் பிழை $= \frac{1{\cdot}03 - 1}{1} \times 100$

$= 3\ \%$

உண்மையான ஆற்றலைவிட பதிவு செய்த ஆற்றல் அதிகமாக இருக்கிறது. ஆகவே அளவி வேகமாக ஓடுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 6·4

ஒரு 10 ஆம்பியர்-மணி அளவி கொடுவாய் மின்னழுத்தம் 225 வோல்ட் ஆகவும் முழுச்சுமையுடனும் இருக்கும் பொழுது 1% அதிக மாகப் பதிவு செய்கிறது. இதனுடைய முகப்புத் தகடு கிவாம (*KWH*)ல் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. 200 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தில் 2 கிவா (*KW*) சுமை 4 மணி நேரம் இருந்தால் இந்த அளவி எவ்வளவு பதிவு செய்யும்? சதவீதப் பிழை என்ன ?

தீர்வு

$$2 \text{ கிவா சுமையின் மின்னோட்டம்} = \frac{2\times1000}{200}$$
$$= 10 \text{ ஆம்பியர்}$$

இதனுடைய மின்னோட்டம் முழுச்சுமை மின்னோட்டத்திற்கு சமமாக இருப்பதாலும், மின்னழுத்தம் பதிவை பாதிக்காது என்பதாலும் 225 வோல்ட் முழுச்சுமையில் பதிவு செய்ததையே இந்தச் சுமையிலும் பதிவு செய்யும்.

பதிவு செய்யப்படும் ஆற்றல் $= 225\times10\times4$ வாட் மணி
$= 9$ கிவாம

பிழை 1% ஆதலால் பதிவு செய்யப்படும் ஆற்றல் $= 9\times1{\cdot}01 = 9{\cdot}09$ கிவாம

ஆனால் உண்மையான ஆற்றல் $= 2\times4 = 8$ கிவாம

ஆக, சதவீதப் பிழை $= \frac{9{\cdot}09-8}{8}$
$= 13{\cdot}6\ \%$

எடுத்துக்காட்டு 6·5

(அ) ஒரு 230 வோல்ட் ஆம்பியர்—மணி அளவியில் ஒரு சோதனையின் பொழுது 30 மணித்துளிகளுக்கு 4 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. அளவியின் தொடக்கப் பதிவு 9·5 கிவாம வாகவும் 30 மணித் துளிகளுக்குப் பிறகு 10 கிவாமவாகவும் இருந்தால் அளவியின் சதவீதப் பிழையைக் கண்டுபிடி.

(ஆ) சோதனையின் போது கதிர் 600 சுற்றுகள் சுற்றினால் அளவியின் மாறிலி, ஒரு சுற்றுக்கு எவ்வளவு கூலம் (coulomb) என்றும், ஒரு கிவாமவுக்கு எவ்வளவு சுற்றும் என்றும் கணக்கிடு.

தீர்வு

(அ) சோதனையின் பொழுது பயன்படுத்தப்பட்ட ஆற்றல்

$$= 4 \times \frac{30}{60} \times \frac{230}{1000}$$

= 0·46 கிவாம

அளவி பதிவு செய்த ஆற்றல் = 10·0 − 9·5

= 0·5 கிவாம

பிழை = 0·5 − 0·46 = 0·04 கிவாம

சதவீதப் பிழை $= \frac{0 \cdot 04}{0 \cdot 5} \times 100$

= 8 %

(ஆ) 30 மணித்துளிகளில் பாய்ந்த கூலம் = 4 × 30 × 60

= 7200 கூலம்கள்

∴ மாறிலி $= \frac{7260}{600}$

= 12 கூலம்/சுற்று

0·5 கிவாமவுக்கு சுற்றிய சுற்றுகள் = 600

1 கிவாமவுக்கு சுற்றுகள் $= \frac{600}{0 \cdot 5}$

= 1200 சுற்று/கிவாம

எடுத்துக்காட்டு 6·6

ஒரு நேர் மின்சார ஆம்பியர்-மணி அளவியின் அறுதியீடு பின் வருமாறு :

5 ஆம்பியர், 250 வோல்ட், மாறிலி 5 கூலம்/சுற்று.

(அ) மாறிலியை சுற்றுக்கள்/கிவாம என்ற கணக்கில் மாற்று.

(ஆ) அளவியின் முழுச்சுமை வேகத்தைக் கண்டுபிடி.

தீர்வு

(அ) ஒரு சுற்றில் பாயும் மின்னேற்றம் = 5 கூலம்

இதன் மின்னழுத்தம் 250 வோல்ட் ஆதலால் ஒரு சுற்றில் பதிவு செய்யும் ஆற்றல் = 5 × 250 வாட்-விநாடி

$$= \frac{5 \times 250}{1000 \times 3600} \text{ கிவாம}$$

$$= \frac{1}{2880} \text{ கிவாம}$$

$\therefore \frac{1}{2880}$ கிவாமவுக்கு சுற்றுகள் = 1

1 கிவாமவுக்கு சுற்றுகள் = 2880

∴ அளவியின் மாறிலி = 2880 சுற்று/கிவாம

(ஆ) அளவியின் மாறிலி = 5 கூலம்/சுற்று

அளவியின் முழுச்சுமை = 5 ஆம்பியர்

ஆகவே ஒரு சுற்றுக்கு ஆகும்நேரம் = 1 விநாடி

முழுச்சுமை வேகம் = 60 சுற்று/மணித்துளி

எடுத்துக்காட்டு 6·7

(அ) 5 ஆம்பியர், 200 வோல்ட் நேர் மின்சார ஆம்பியர்-மணி மானியின் மாறிலி 5 கூலம்/சுற்று. இம் மாறிலியை ஒரு கிவாமவுக்கு இவ்வளவு சுற்றுகள் என்ற கணக்கில் கூறு.

(ஆ) முழுச்சுமை வேகத்தைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

(இ) அரைச்சுமையில் சோதனை செய்தபொழுது 60 சுற்றுகளுக்கு 121 நொடி ஆனது என்றால் பிழையைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு

(ஆ) 1 கிவாம = 1000 வாட்மணிகள்

$= 1000 \times 3600$ வாட்நொடிகள்

$= \frac{1000 \times 3600}{200}$ ஆம்பியர்நொடிகள்

= 18000 ஆம்பியர் நொடி

அளவி மாறிலி 5 கூலம்/சுற்று. ஆகவே 5 கூலம்கள் அதாவது 5 ஆம்பியர் நொடிகளுக்கு ஒரு சுற்று சுற்றும்.

1 கிவாமவுக்கு அதாவது 18000 ஆம்பியர் நொடிகளுக்கு சுற்றும் சுற்றுகள் $\frac{18000}{5} = 3600$

ஆகவே மாறிலி = 3600 சுற்றுகள்/கிவாம.

(ஆ) அளவி முழுச்சுமை =5 ஆம்பியர்

மாறிலி =5 கூலம்/சுற்று

ஆகவே ஒரு சுற்றுக்கு அதாவது 5 கூலத்திற்கு ஆகும் நேரம் 1 நொடியாகும்

∴ முழுச்சுமை வேகம் =60 சுற்று/மணித்துளி

(இ) அரைச் சுமையில் மின்னோட்டம் $= 2{\cdot}5$ ஆம்பியர்
121 நொடியில் மின்கணியம் $= 2{\cdot}5 \times 121$ ஆம்பியர் நொடி
$= 308{\cdot}5$

இதே நேரத்தில் தகடு சுழலும் சுற்றுகள் 60
அரைச் சுமையில், ஆம்பியர்-நொடி/சுற்று
$$= \frac{308{\cdot}5}{60} > 5$$

பிழையின்றி ஓடும்பொழுது 1 சுற்றுக்கு 5 ஆம்பியர் நொடி. ஆகவே அளவி மெதுவாக சுற்றுகிறது.

$$\text{பிழை} = 5 - \frac{308{\cdot}5}{60} = -\frac{8{\cdot}5}{60}$$

$$\%\ \text{பிழை} = -\frac{8{\cdot}5}{60 \times 5} \times 100 = -2{\cdot}83\%$$

எடுத்துக்காட்டு 6·8

ஒரு 25 ஆம்பியர், ஆம்பியர்-மணி அளவி 300 வோல்ட்டில் அளவீடு செய்யப்பட்டு அதனுடைய அளவுத் திட்டம் கிவாமவில் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. அது 3% பிழை உடையதாக இருக்கிறது. 250 வோல்ட், 6·25 கிவா சுமையை அளக்க இணைக்கப்பட்டிருக்கும் பொழுது அது பதிவு செய்வதில் ஏற்படக்கூடிய சதவீதப் பிழையைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு

அளவீடு செய்யப்பட்ட மின்னழுத்தம் 300 வோல்ட்

ஆகவே ஒருமணியில் முழுச் சுமை $= \frac{25 \times 300}{1000}$
$= 7{\cdot}5$ கிவாம

ஆனல், அதன் சதவீதப் பிழை 3%

ஆகவே உண்மையான முழுச் சுமை $= 7{\cdot}5 \times 1{\cdot}03$
$= 7{\cdot}725$ கிவாம

அளவி 6·25 கிவா சுமையில் இணைக்கப்படும்பொழுது மின்னழுத்தம் $= 250$ வோல்ட்

∴ சுமை மின்னோட்டம் $= \frac{6{\cdot}25 \times 1000}{250}$
$= 25$ ஆம்பியர்
$=$ முழுச் சுமை மின்னோட்டம்

அளவி அளவீடு செய்யப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை ஒட்டியே பதிவு செய்யுமாதலால்,

பதிவு செய்யும் முழுச் சுமை $= 7{\cdot}725$ கிவாம

ஆனால் உண்மையான முழுச் சுமை $= 6{\cdot}25$ கிவாம

$\therefore$ சதவீதப் பிழை $= \dfrac{7{\cdot}725 - 6{\cdot}25}{6{\cdot}25} \times 100$

$= \dfrac{1{\cdot}475}{6{\cdot}25} \times 100$

$= 23{\cdot}6\%$

எடுத்துக்காட்டு 6·9

ஒரு 5 ஆம்பியர், 220 வோல்ட் ஒரு நிலை கிவாம அளவியின் மாறிலி 600 சுற்றுகள்/கிவாம. ஒரு திறனளவி மற்றும் கடிகாரம் கொண்டு முழுச் சுமையில் சோதனை செய்யும்பொழுது 35 விநாடிகளில் 6 சுற்றுகள் சுற்றியது. இச்சுமையில் அதன் சதவீதப் பிழையைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

(அ) பிழை 2 சதவீதத்திற்குள் இருக்க வேண்டுமென்றால் 6 சுற்றுகளுக்கு எவ்வளவு நேரம் ஆக வேண்டும்.

தீர்வு

6 சுற்றுகளில் பதிவு செய்யப்படும் ஆற்றல் $= \dfrac{1 \times 6}{600}$

$= \dfrac{1}{100}$ கிவாம

$= 10$ வாட்மணி.

35 விநாடிகளில் உபயோகப்படுத்தப்பட்ட

ஆற்றல் $= 5 \times 220 \times \dfrac{35}{3600}$

$= 10{\cdot}7$ வாட்மணி

$\therefore$ பிழை $= 10{\cdot}7 - 10$

$= 0{\cdot}7$ வாட்மணி

% பிழை $= \dfrac{0{\cdot}7}{10{\cdot}7} \times 100$

$= 6{\cdot}54\%$

உண்மையான ஆற்றலைவிட குறைத்துப் பதிவு செய்ய மெதுவாக சுற்றும்.

(ஆ) பிழை 2 சதவீதத்திற்குள் இருக்க 6 சுற்றுகளுக்கு நேரம் x என வை.

$$x \text{ விநாடிகளில் உண்மை ஆற்றல்} = 5 \times 220 \times \frac{x}{3600}$$

$$= \frac{11\,x}{36} \text{ வாட்-மணி}$$

$$\% \text{ பிழை} = \left(\frac{\frac{11\,x}{36} - 10}{\frac{11\,x}{36}} \right) \times 100 = \left(1 - \frac{10}{\frac{11x}{36}} \right) 100$$

இப்பிழை 2%க்குள் இருக்க வேண்டும்.

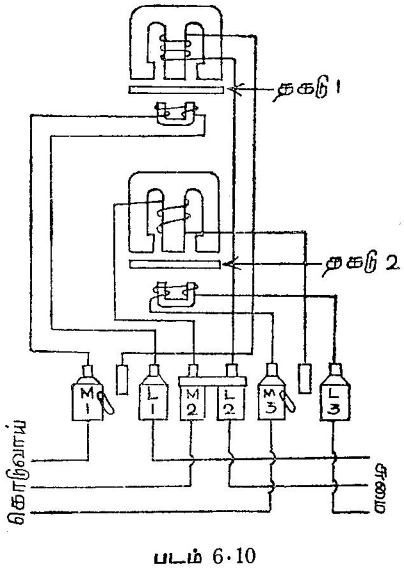
$$\therefore \left(1 - \frac{360}{11\,x} \right) 100 = 2$$

$$\frac{360}{11\,x} = 1 - 0{\cdot}02 = 0{\cdot}98$$

$$x = \frac{360}{11 \times 0{\cdot}98} = 33{\cdot}4 \text{ விநாடிகள்}$$

6·13 முன்னிலை ஆற்றலளவிகள்

முன்னிலை ஆற்றலளவிகள் ஈருறுப்பு திறனளவிகளைப்போலவே வேலை செய்கின்றன. ஆகவே அவற்றுள் இரு தனித்தனி

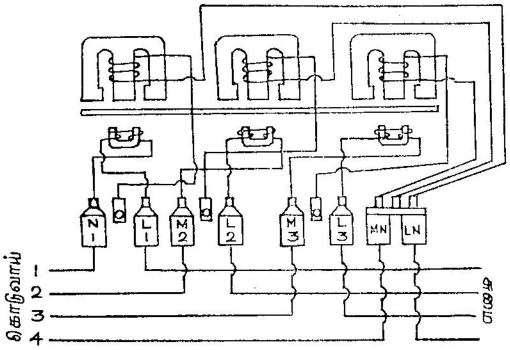


படம் 6·10

முன்னிலை சமநிலை ஆற்றலளவி (கூறுகள் செங்குத்தாக உள்ளன)

மின்னழுத்தச் சுருள்களும் இரு மின்னோட்டச் சுருள்களும் உள. இரு தகடுகள் ஒரே கதிரில் பொருத்தப்பட்டு படம் 6·10-ல் காட்டி

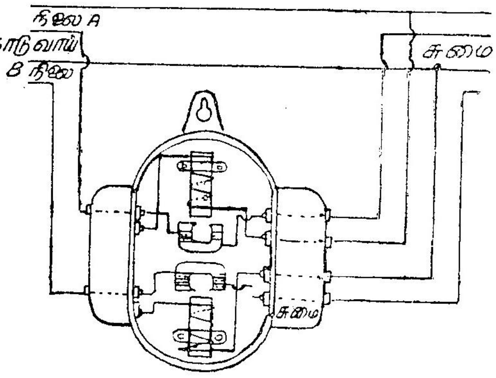
யுள்ளபடி ஒன்று மேல்உறுப்புடனும் மற்ருென்று கீழுறுப்புடனும் இருக்குமாறு அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இயங்கமைப்பின் தொகு பயன் செலுத்தும் சுழற்றுமை இரு சுழற்றுமைகளின் கூடுதல் ஆகும். ஒரே தகட்டையுடைய முன்னிலை 4-கம்பி ஆற்றலளவியின் அமைப்பும் இணைப்பும் படம் 6·11-ல் காண்க.



படம் 6·11

முன்னிலை, 4-கம்பி ஒரு தகடு ஆற்றலளவி

முன்னிலை ஆற்றலை அளக்க இரு தனித்தனி ஒரு நிலை ஆற்றலளவிகளை, இரு திறனளவிகள் முறையைப்போல் பயன் படுத்தலாம். ஆனல் திறன்கூறு 0·5க்கு கீழேயுள்ளபொழுது ஓர்



படம் 6·12

இருநிலை, 4-கம்பி ஆற்றலளவி

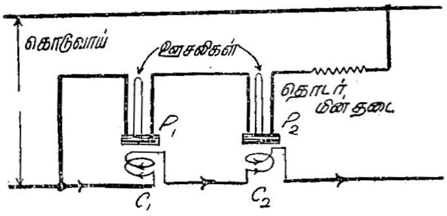
அளவியின் சுழற்றுமை முன்பின்னுகிறபடியால் குழப்பமேற்பட வாய்ப்புண்டு. முன்னிலைக் கருவியில் சுழற்றுமை நேராகவே இருக்கும்.

பன்னிலைக் கருவிகளில் வெவ்வேறு காந்தப் பாயங்களின் குறுக்கீட்டுச் செயலால் பிழை ஏற்படக்கூடும். மின் காந்தங்களுக்கு இடையே தகுந்த மறைப்பு ஏற்படுத்துவதன் மூலம் இது குறைக்கப்படலாம். இவ்வளவிகளின் அதிக எடை காரணமாக அதிக உராய்வுப் பிழையும் ஏற்படக்கூடும்.

பன்னிலை அளவிகளின் மற்றொரு எடுத்துக்காட்டாக இரு நிலை 4-கம்பி அளவியின் இணைப்பு படம் 6·12-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

6·14. கடிகார அளவிகள்

இவ்வகை அளவிகளுள் மிக முக்கியமானவை ஆரன் கடிகார அளவிகள் (Aron clock meters). படம் 6·13-ல் காட்டப்பட்டுள்ள



படம் 6·13
ஆரன் கடிகார அளவி இணைப்புகள்

இணைப்புகள் இவ்வளவிகள் வேலை செய்யும் தத்துவத்தை விளக்குகின்றன. இரு பட்டையான வட்டவடிவ சுருள்கள் P_1 மற்றும் P_2 இரு ஊசலிகளின் அடியில் தொங்கவிடப்பட்டுள்ளன. இந்த ஊசலிகள் மின்சாரத்தால் சுற்றப்பட்ட கடிகார அமைப்பால் தொடர்ச்சியாக இயக்கப்படுகின்றன. இவ்விரு சுருள்களும் மற்றும் மிகக் குறைந்த மின்தடை வெப்பநிலை எண் உள்ள ஒரு பெரும் மின் தடையும் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டு கொடுவாய்க்கு நேராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆகவே இவைகளுள் மின்னழுத்தத்திற்கு விகிதச் சமமான ஒரு மின்னோட்டம் பாய்கின்றன. இந்த விகிதச் சமம் எல்லா அலைவெண் மற்றும் வெப்பநிலைகளிலும் மாருமல் இருக்க வேண்டுமாஞல் மின்னழுத்தச் சுருள் மின்சுற்று தூண்டாததாகவும், வெப்பநிலையுடன் மாருத மின் தடையுடையதாகவும் இருக்க வேண்டும். இவ்வூசலி சுருள்களுக்கடியில் C_1 மற்றும் C_2 எனும் இரு நிலையான மின்னோட்டச் சுருள்கள் மின்வழியுடன் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்விரு சுருள்களும் அவற்றின் காந்தப் புலன்கள் ஒன்றையொன்று எதிர்க்குமாறு சுற்றப்பட்டிருக்கின்றன.

மின்வழியில் மின்னோட்டம் இல்லாதபொழுது ஒரே நீளமுள்ள ஊசலிகள் இரண்டும் ஒரே வேகத்தில் ஊசலாடும். மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது ஒரு நிலையான சுருள் அதற்கு அருகில் உள்ள ஊசலியின் வேகத்தைக் குறைக்கும் வகையில் ஒரு விசையை ஏற்படுத்தும். மற்றொரு சுருள் மற்றொரு ஊசலின் வேகத்தை அதிகரிக்கும். இதைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம்.

ஈர்ப்பு முடுக்கம் (acceleration due to gravity)—g என வை.

தானாக அலையும்பொழுது ஒரு நொடியில் ஊசலியின் அளவுகளின் எண்ணிக்கை—N.

$$\text{அலைவு நேரம்} \quad T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$$

$$N \propto \frac{1}{T} \propto \sqrt{g}$$

இரு சுருள்கள் C_1, C_2 ஆகியவைகளின் காந்தப் புலன்கள் ஒரே எண்மதிப்பும், ஒன்று மேல் நோக்கியும் மற்றது கீழ் நோக்கியும் உள்ள இரு விசைகளை அவற்றிற்கு அருகிலுள்ள ஊசலிகளில் ஏற்படுத்துகின்றன. இதனால் ஏற்படும் முடுக்கம் 'a' மற்றும் '$-a$' என வை.

இரு ஊசலிகளின் அலைவு வேகம்,

$$N_1 \propto \sqrt{g+a} \propto \sqrt{g}\sqrt{1+\frac{a}{g}}$$

$$N_2 \propto \sqrt{g-a} \propto \sqrt{g}\sqrt{1-\frac{a}{g}}$$

$$N_1-N_2 \propto \sqrt{g}\left[\left(1+\frac{a}{g}\right)^{\frac{1}{2}}-\left(1-\frac{a}{g}\right)^{\frac{1}{2}}\right]$$

$$\propto \sqrt{g}\left[1+\frac{1}{2}\frac{a}{g}-\frac{\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}}{2\cdot 1}\left(\frac{a}{g}\right)^2+\frac{\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}}{3\cdot 2\cdot 1}\left(\frac{a}{g}\right)^3-\ldots\ldots\right.$$

$$\left.-\left\{1-\frac{1}{2}\frac{a}{g}-\frac{\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}}{2\cdot 1}\left(\frac{a}{g}\right)^2-\frac{\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{2}}{3\cdot 2\cdot 1}\left(\frac{a}{g}\right)^3-\ldots\ldots\right\}\right]$$

$$\propto \sqrt{g}\left[\frac{a}{g}+\frac{1}{16}\left(\frac{a}{g}\right)^3+\ldots\ldots\right]$$

$\frac{a}{g}$ என்பது ஒரு சிறிய அளவு ஆதலால் $\left(\frac{a}{g}\right)^3$, $\left(\frac{a}{g}\right)^5$ முதலியவை தவிர்க்கத் தக்கவை.

$$\text{ஆகவே} \quad N_1-N_2 \propto \sqrt{g}\cdot\frac{a}{g}$$

$$\propto \frac{a}{\sqrt{g}}$$

முடுக்கம் 'a' நான்கு சுருள்களின் ஆம்பியர் சுற்றுகளையும் அளவு மற்றும் சார்பு (relative) நிலை இவற்றை பொருத்து இருக்கின்றன. A_p, A_c இவை முறையே மின்னழுத்த மற்றும் மின்னோட்ட சுருள்களின் ஆம்பியர் சுற்றுகள். ஆனால்,

$$a \propto A_p \cdot A_c$$

$$N_1 - N_2 \propto \frac{A_p \cdot A_c}{\sqrt{g}}$$

$$\propto A_p \cdot A_c$$

$$\propto i_p \cdot i_c$$

இதில் i_p, i_c இவை முறையே மின்னழுத்த மற்றும் மின்னோட்டச் சுருள்களின் மின்னோட்டம். இவை இரண்டும் கணமதிப்பானால் i_p, i_c கணத்திறனுக்கு விகித சமத்தில் இருக்கும். ஆகவே இரு ஊசலிகளின் அலைவு வீத வேறுபாடு திறனுக்கு விகித சமத்தில் இருக்கும். இவ்வீத வேறுபாடு, ஒரு வேறுபாட்டு பல்லிணை (differential gear) மூலம் தொகுக்கப்பட்டு பல்சக்கரத் தொடர்ச்சி மற்றும் முகப்புத் தட்டுகளைக் (dials) கொண்டு பதிவு செய்யப் படுகிறது.

அமைப்பு

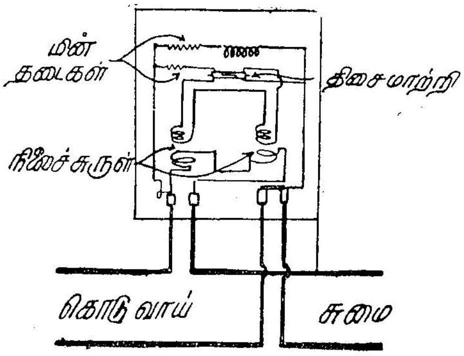
இரு ஊசலிகளும் செலுத்தும் பல்லிணைத் தொடர்ச்சிகள் இரு சரிவுப் பல்லிணைகளில் (bevelled gear) முடிவடைகின்றன. இச்சரிவுப் பல்லிணைகளின் சரிவுப் பக்கங்கள் ஒன்றையொன்று நோக்கி இருக்கின்றன. இவ்விரு சரிவுப் பல்லிணைகளுக்கு இடையிலும், இவற்றால் இயக்கப்படுமாறும் மற்றொரு பல்லிணை உள்ளது. இப்பல்லிணை, கதிருடன் இணைக்கப்பட்டும் அதற்கு செங்குத்தாகவும் உள்ள ஒரு அச்சின்மேல் ஏற்றப்பட்டிருக்கிறது. கதிர் பல்லிணைத் தொகுதியைச் செலுத்துகிறது.

இரு ஊசலிகளும் ஒரே வேகத்தில் ஊசலாடும்பொழுது இரு சரிவுப் பல்லிணைகளும் எதிர்த் திசைகளில் ஒரே வேகத்தில் சுழலுகின்றன. இவற்றிற்கு இடையே உள்ள பல்லிணை அதன் அச்சில் சுழல்கிறது. அச்சு நிலையாக உள்ளது. ஆனால் ஊசலிகள் இரு வேறு வேகத்தில் ஊசலாடினால் இரு சரிவுப் பல்லிணைகளும் வெவ்வேறு வேகத்தில் சுழல அவற்றிற்கு இடையேயுள்ள பல்லிணையின் அச்சு சுழன்று, கதிரைச் சுழற்றி, பல்லிணைத் தொகுதியையும் சுழற்றுகிறது. ஆகவே இப்பல்லிணைத் தொகுதியின் பல்லிணைகளின் வேகம் சரிவுப் பல்லிணைகளின் வேக வேறுபாட்டிற்கு, அதாவது ஊசலிகள் ஊசலாடும் வீதத்தின் வேறுபாட்டிற்கு விகிதச் சமத்தில் உள்ளது. ஊசலிகள் ஊசலாடும்

வீதத்தின் வேறுபாடு திறனின் விகிதச் சமத்தில் உள்ளது என்று முன்பே காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆகவே பதிவு செய்யும் சக்கரங்கள் ஆற்றலைத் தொகுக்கின்றன.

ஊசலிகளை செலுத்தும் முதன்மை வில் (main spring) இரு மணித்துளிகளுக்கு ஒருமுறை மின்சாரத்தால் முடுக்கப்படுகிறது. இது வில்லுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு சிறிய உள்ளகத்தை ஈர்க்கும் மின் காந்தம் மூலமாகச் செய்யப்படுகிறது. வில் கீழிறங்கும் பொழுது மின் காந்தத்திற்கு ஆற்றலளிக்கும் வகையில் ஒரு தொடுகை ஏற்படுகிறது. மின் காந்தம் நொடி நேரம் மட்டுமே செயல்படுவதால் தொடர்ந்த திறனிழப்பு தவிர்க்கப்படுகிறது.

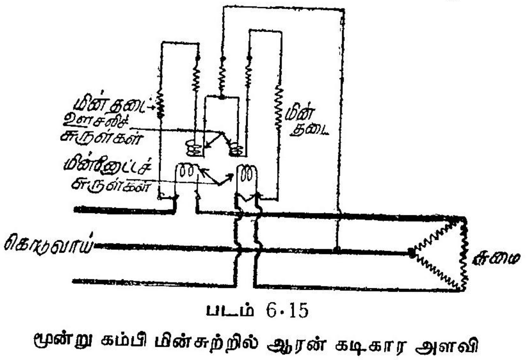
ஆரன் ஆற்றலளவி இரு கம்பி மின் சுற்றில் பயன்படும் விளக்கப் படம் மற்றும் இணைப்புகள் படம் 6·14-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக்



படம் 6·14

இரு கம்பி ஆரன் கடிகார அளவி

கருவியின் முன்னிலை 3-கம்பி மின்சுற்று மற்றும் முன்னிலை 4-கம்பி

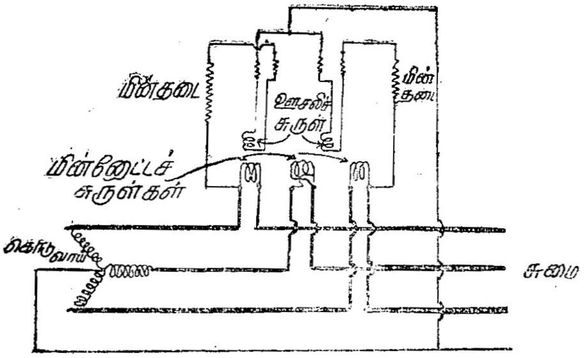


படம் 6·15

மூன்று கம்பி மின்சுற்றில் ஆரன் கடிகார அளவி

மின்சுற்று இவற்றின் இணைப்பு முறையே படம் 6·15-ல் மற்றும்

6·16-ல் காண்க. படம் 6·16-ல் மூன்று நிலை மின்னோட்டச் சுருள்கள் உள்ளதையும், ஊசலிச் சுருள்கள் இரு மின்னோட்டச் சுருள்களுக்கு



படம் 6·16

4-கம்பி மின்சுற்றில் ஆரன் கடிகார அளவி

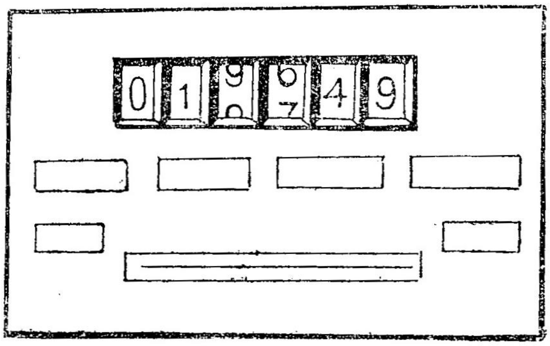
இடையே இரண்டினாலும் பாதிக்கப்படுமாறு தொங்கவிடப்பட்டிருப்பதைக் காண்க.

கடிகார அளவிகள் வெளிகாந்தப் புலன்களால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. அலைவெண் மற்றும் அலைவடிவப் பிழைகளும் இவற்றில் ஏற்படுவது இல்லை. இவை நேர் மற்றும் மாறு மின்சாரங்களிலும் பயன்படக்கூடியவை. மிகக் குறைந்த சுமையிலும் இவை துல்லியமாக அளக்கக்கூடியவை. ஆனால் இவற்றின் விலையும், ஓரளவு சிக்கலான அமைப்பும் மின்நுகர் வாய்களில் (service mains) பயன்பட இயலாமல் செய்கின்றன.

6·15 பதிவு செய்யும் இயந்திர அமைப்பு

இருவகை அமைப்பு பழக்கத்தில் உள்ளன. ஒன்றில் சுழலித் தண்டினால் (rotor shaft) இயங்குகிற ஒரு சிறிய பல்லிணை குறைக்கும் பல்லிணைத் தொகுதி கொண்டு, முகப்புத் தகடுகளில் சுழலும் குறிமுட்களை இயக்குகின்றன. முகப்புத் தகடுகள் பத்து பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. இவ்வமைப்பின் முகப்பு படம் 6·17-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குறிமுட்களுக்கு இடையே உள்ள பல்லிணைகள் ஒவ்வொரு குறிமுள்ளும் அதற்கு முந்தைய குறிமுள்ளை விட $\frac{1}{10}$ மடங்கு வேகமாக சுழலுமாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளன. மற்றொரு அமைப்பில் குறிமுட்களுக்கு பதிலாக சக்கரங்கள் இயக்கப்படுகின்றன. இச்சக்கரங்களின் விளிம்புகள் 10 சம பகுதிகளாகப்

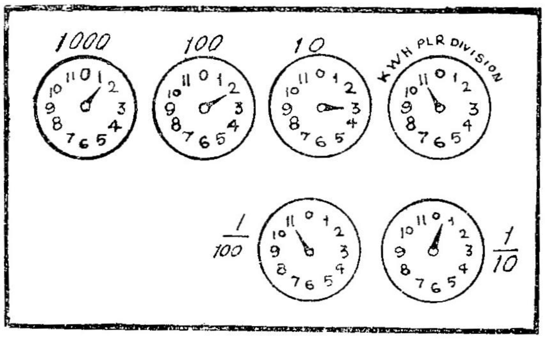
பிரிக்கப்பட்டு 0 முதல் 9 வரை எழுதப்பட்டிருக்கும். இச்சக்கரங்



படம் 6·17

பதிவு செய்யும் இயந்திர நுட்பம்-குறிமுள் வகை

களின் அச்சுகள் முகப்பிற்கு இணையாக, அதாவது சுழலும்பொழுது



படம் 6·18

பதிவு செய்யும் இயந்திர நுட்பம் (மாற்றுவகை)

எண்கள் முகப்பில் தெரியுமாறு உள்ளன. முகப்பு படம் 6·18-ல் காட்டியுள்ளபடி இருக்கும்.

பயிற்சி 6

1. ஒரு ஆம்பியர்–மணி மானி 250 வோல்ட் நேர் மின்சாரத்தில் சரியாகக் காட்டுமாறு அளவீடு செய்யப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு சோதனையில் 300 மணித் துளிகளுக்கு 15 ஆ மின்னோட்டம் செலுத்தப்பட்டது. சோதனைக்கு முன்னும் பின்னும் அளவியின் பதிவு முறையே 234·21 கிவாம, 253·13 கிவாம என்றால் சதவிகிதப் பிழையைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

2. ஒரு ஆற்றலளவி 5 ஆ மாறுத மின்னோட்டத்துடன் 30 மணித்துளிகள் சோதனை செய்தபொழுது பதிவு செய்த ஆற்றல் 0·51 கிவாம. அக்கருவி 200

வோல்ட் மின்சுற்றில் பயன்படுத்தப்படும்பொழுது, அதன் பிழையைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

3. ஓர் 20 ஆம்பியர்-மணிமானி 250 வோல்ட் மின்சுற்றில் பயன் படுத்தப்படும்பொழுது 2 சதவிகிதப்பிழை உடையதாக இருக்கிறது. அதன் முகப்புத்தகடு கிவாமவில் குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. அக்கருவி 200 வோல்ட் 4 கிவா சுமையுடன் தொடராக 1 மணி நேரம் இணைக்கப்பட்டிருந்தால் அதன் சதவிகிதப் பிழையைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

4. ஒரு 50 ஆ, 230 வோல்ட் ஆற்றலளவி முழுச்சுமையில் 61 சுற்றுகளுக்கு 37 நொடிகள் எடுத்துக்கொள்ளுகிறது. அதனுடைய சாதாரண வேகம் ஒரு கிவாமுக்கு 520 சுற்றுகள் என்றால் அதனுடைய சதவிகிதப் பிழையைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

5. ஒரு 5 ஆ, 220 வோல்ட் ஒருநிலைக் கிவாம அளவியின் மாறிலி 600 சுற்றுகள்/கிவாம. முழுச்சுமையில் சோதனை செய்யப்பட்ட பொழுது 6 சுற்று களுக்கு 35 நொடிகள் ஆயிற்று. இச் சுமையில் சதவிகிதப் பிழையைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

6. சரியாக சீரமைக்கப்பட்ட ஒருநிலை, 240 வோ தூண்டல் வாட்மணி மானியின் மாறிலி 600 சுற்றுகள்/கிவாம. 10 ஆ, 0·8 பின்தங்கும் திறன்கூறு சுமையில் தகட்டின் வேகத்தைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

மின்னழுத்த பாயத்திற்கும், கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்திற்கும் இடையி லான கோணம் 85° இருக்குமாறு சீரமைக்கப்பட்டால் பின்வரும் திறன் கூறுச் களில் ஏற்படும் பிழைகளைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

(அ) திறன்கூறு 1 (ஆ) திறன்கூறு 0·8 பின்

7. 230 வோ, 10 ஆ வாட்-மணி மானியின் மாறிலி 900/கிவாம. அரைச் சுமையில் சோதனை செய்தபொழுது 20 சுற்றுகளுக்கு 69 நொடிகள் ஆயிற்று. அச்சுமையில் பிழையைக் காண்க.

8. ஒருநிலைத் தூண்டல் வகை வாட்-மணி மானி அதனுடைய முழுச்சுமை, 0·5 (பின்)திறன் கூறில் சரியாகப் பதிவுசெய்கிறது. அதே சுமைத் திறன்கூறு ஒன்றில் 1% மெதுவாகச் சுற்றுகிறது. அக்கருவியின் அறுதியீடு 240 வோ, 10 ஆ. உராய்வு சரியாக ஈடுசெய்யப்பட்டிருக்கிறது என்று தற்கொண்டு முழுச் சுமை வோல்ட் ஆம்பியர் மற்றும் பின்வரும் திறன் கூறுகளில் பிழையைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

(அ) 0·8 பின் மற்றும் (ஆ) 0·8 முன்

9. முன்னிலை, ஈருருப்பு தொகுக்கும் திறனளவியின் மாறிலி, ஒரு கிவாமவுக்கு 0·12 சுற்று. கருவி பொதுவாக 22000/110 வோ. விகிதமுள்ள மின்னழுத்த மின் மாற்றியுடனும் 500/5 ஆ விகிதமுள்ள மின்னழுத்த மின்மாற்றியுடனும் பயன் படுத்தப்படும். கருவிமட்டும் சோதனை செய்யப்பட்டுக் கிடைத்த விவரங்கள் :

மின்வழி மின்னழுத்தம் 110 வோ, மின்னோட்டம் 5·25 ஆ; திறன்கூறு 1,40 சுற்றுகளுக்கு நேரம் 61 நொடிகள்.

சதவிகிதப்பிழையைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

7. கால்வனிமானியும் பாயமானியும்
(Galvanometer and Fluxmeter)

7·1 அறிமுகம்

காந்தப் பொருள்களின் மாதிரிகளைச் சோதனை செய்ய பயன் படும் கருவிகளுள் மிக முக்கியமானவை கால்வனிமானிகளும், பாயமானிகளுமாகும். இவ்விரு கருவிகளையும் அவற்றின் அறிமுறை களையும் பின்வரும் பகுதிகளில் பார்ப்போம்.

7·2 அலைவு காட்டும் கால்வனிமானி

அலைவு காட்டும் கால்வனிமானி (ballistic galvanometer) அதன் மூலம் பாயும் மின் கணியத்தை அளக்கப் பயன்படுகிறது. காந்த அளவைகளில் இது கால்வனிமானி மின்முனைகளில் இணைக்கப்பட்ட ஒரு துருவுச் சுருளில் (search coil) கண நேரத்திற்குத் தூண்டப்படும் மின்னழுத்தத்தின் விளைவே ஆகும். இம்மானி நிலையான விலக் கத்தைக் காட்டுவதில்லை. அதன்மூலம் கண நேரத்தில் பாய்ந்த மின் கணியத்தின் விகிதச் சமத்திலுள்ள ஒரு கண நேர விலக்கத்தை ஏற்படுத்தும். இந்த மின் கணியமும் அதை உண்டாக்கும் பாய மாறுதலும் கால்வனிமானியின் அளவீடு செய்தலைக் (calibration) கொண்டு கணக்கிடப்படும். கண நேரத்தில் மின் கணியம் பாயும் பொழுது இயங்கமைப்பு நகர இயலாத அளவு அதன் மடிமைத் திருப்புமை (moment of inertia) அதிகமாக இருக்க வேண்டும். கால்வனிமானியின் அதிர்வு நேரம் (period of vibration) அதிகமாக, ஏறத்தாழ 10 முதல் 15 நொடிக்குள் இருக்க வேண்டும். அதன் முதல் விலக்கம் மிக அதிகமாக இருக்க ஒடுக்கம் மிகக் குறைந்து இருக்க வேண்டும். இம்மானிகளின் இயங்கு சுருள் காந்தப் பொருட்கள் சம்பந்தப்படாதவாறு இருக்க வேண்டும். மின் முனைகள், சுருள்கள் மற்றும் கருவிக்குள் உள்ள இணைப்புகள் யாவும், சந்திப்புகளில் வெப்ப மின் விளைவுகளைத் தவிர்க்க, தாமிரத்தால் ஆனவைகளாக இருக்க வேண்டும். மிகச் சிறந்த

கருவிகளில் 'தொங்கல்' கடத்தாப் பொருளினால் ஆனதாக இருக்கும்.

அறிமுறை

அளக்கப்பட வேண்டிய மின் கணியம் மிகக் குறைந்த நேரத்தில் கால்வனிமானி மூலம் பாய வேண்டும் (discharged). மடிமைத் திருப்புமை அதிகமாக இருப்பதால் அந்தக் குறைந்த நேரத்தில் இயங்கமைப்பு பூச்சிய நிலையைவிட்டு விலகாது. மானி வழியாகப் பாய்ந்த மின் கணியம் இயங்கமைப்பிற்கு அளிக்கும் ஆற்றல் உராய்விலும் ஒடுக்கலிலும் சிறிது சிறிதாக செலவழிக்கப்படுகிறது. ஆகவே இயங்கும்பொழுது விலக்கும் சுழற்றுமை பூச்சியம்.

இயங்கமைப்பின் மடிமைத் திருப்புமை $= a$
ஒடுக்கல் மாறிலி $= b$
கட்டுப்படுத்தும் மாறிலி $= c$
விலக்கம் (ஆரையன்களில்) $= \theta$
நேரம் (நொடிகளில்) $= t$

மேற்கண்ட குறிகளை உபயோகிக்க, இயங்கமைப்பின் சமன்பாடு,

$$a\frac{d^2\theta}{dt^2}+b\frac{d\theta}{dt}+c\,\theta=0$$

இந்த வகைக்கெழுச் சமன்பாட்டின் (differential equation) தீர்வு,

$$\theta=A\,\epsilon^{m_1 t}+B\,\epsilon^{m_2 t}$$

இதில், A மற்றும் B மாறிலிகள்

$$m_1=\frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a};\ m_2=\frac{-b-\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$$

இவ்வகைக் கருவிகளில் ஒடுக்கம் மிகக் குறைவு என்பதால் b சிறியது. ஆகவே m_1, m_2 மெய்யிலாவாகும்.

$$\text{ஆகவே } \theta=\epsilon^{-\frac{bt}{a}}F\cdot\text{சைன்}\left(\frac{\sqrt{4ac-b^2}}{2a}\cdot t+\alpha\right)$$

F ஒரு மாறிலி. இது தொடக்க நிபந்தனைகளைப் (initial conditions) பொருத்துக் கணக்கிடப்படும்.

b மிகச் சிறியதாகையால்,

$$\theta \doteq \epsilon^{-\frac{bt}{2a}}F\cdot\text{சைன்}\left(\sqrt{\frac{c}{a}}\,t+\alpha\right)$$

தொடக்க நிபந்தனைகள்

$t=o$ எனும்போது, விலக்கம் $\theta=0$

கருவி வழியே (மின்சார இறக்கக் கணத்தின்பொழுது) மின்னோட்டம் 'i' என்றால் சுழற்றுமை Gi.

$$\therefore\ Gi = a\frac{d^2\theta}{dt^2} \quad [G, \text{ ஒரு மாறிலி}]$$

மின் கணியம் பாயும் நேரம் $= T$ என்றால்

$$\int_0^T Gi\,dt = \int_0^T a\,\frac{d^2\theta}{dt^2}dt$$

$$G\int_0^T i\,dt = a\,\frac{d\theta}{dt}$$

$$\therefore\ GQ = a\frac{d\theta}{dt}$$

$\frac{d\theta}{dt}$ = நேரம் T முடிவில் இயங்கமைப்பின் விரைவு

= முதல் விலக்கத்தின் தொடக்கத்தில் இயங்கமைப்பின் விரைவு ($\because$ T மிகச் சிறியது.)

ஆகவே $t = 0\,;\ \frac{d\theta}{dt} = \frac{G}{a}Q$

$t = 0$ என்கிற பொழுது $\theta = 0$. இந்த மதிப்புகளை θ வின் சமன்பாட்டில் இட

$$\theta = \epsilon^0 \cdot F \text{ சைன் } (0+\alpha)$$

$$\therefore\ \alpha = 0$$

θ வை t குறித்து வகையீடு காண,

$$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{b}{2a}\epsilon^{-\frac{b}{2a}t} F\cdot\text{சைன்}\left(\sqrt{\frac{c}{a}}\,t+\alpha\right)$$

$$+\ \epsilon^{-\frac{b}{2a}t}\ F\sqrt{\frac{c}{a}}\text{ கொசைன் }\left(\sqrt{\frac{c}{a}}\,t+\alpha\right)$$

$t = 0$ என்றால்

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{b}{2a}\epsilon^0 F\text{ சைன் }\alpha + \epsilon^0 F\sqrt{\frac{c}{a}}\text{ கொசைன் }\alpha$$

ஆனால் $t = 0$ என்கிறபொழுது $\alpha = 0$

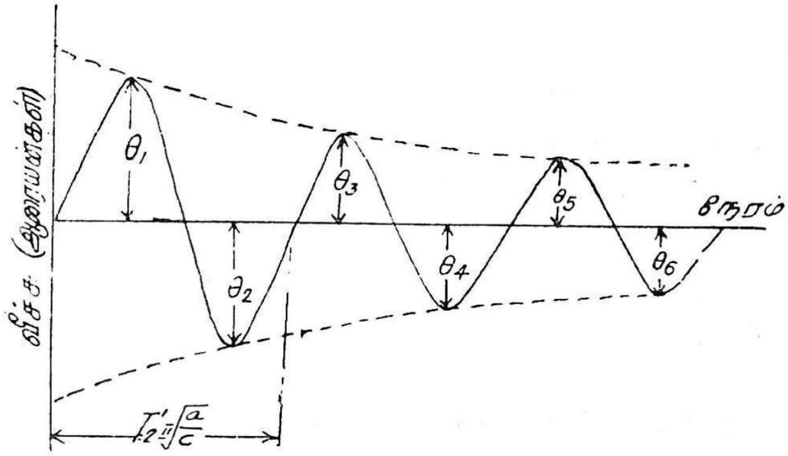
$$\therefore\ \frac{d\theta}{dt} = F\sqrt{\frac{c}{a}} = \frac{G}{a}Q$$

$$F = \frac{G}{a}Q\times\sqrt{\frac{a}{c}} = \frac{G}{a}\sqrt{\frac{a}{c}}\cdot Q\,.$$

இந்த சமன்பாடுகளை θ வின் சமன்பாட்டில் உபயோகிக்க,

$$\theta = \frac{G}{a} \cdot Q \epsilon^{-\frac{b}{2a}t} \sqrt{\frac{a}{c}} \text{ சைன் } \sqrt{\frac{c}{a}}\, t \cdot$$

ஆகவே விலக்கம் எந்த ஒரு நொடியிலும் Qவின் விகிதச் சமத்தில் இருக்கிறது. மேலும் இயக்கம் அலைவுடையதாக இருக்கிறது. படம் 7·1 காண்க.



படம் 7·1

அலையின் அலைவெண்,

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\sqrt{\frac{c}{a}}}{2\,\pi}$$

ஆகவே அலைவு நேரம் $T^1 = \frac{1}{f} = 2\pi\sqrt{\frac{a}{c}}$

படம் 7·1-ல் அடுத்தடுத்த உச்ச மதிப்புகள் ஏற்படும் நேரம் $\frac{T'}{4}$, $\frac{3\,T'}{4}$, $\frac{5\,T'}{4}$ முதலியவை ஆகும்.

$$\therefore\ \theta_1 = \frac{G}{a} \cdot Q \cdot \epsilon^{-\frac{\pi}{4}\frac{b}{\sqrt{ac}}} \sqrt{\frac{a}{c}}$$

$$\theta_2 = \frac{G}{a} \cdot Q \cdot \epsilon^{\frac{-3\pi}{4}\frac{b}{\sqrt{ac}}} \sqrt{\frac{a}{c}}$$

$$\theta_n = \frac{G}{a} \cdot Q \cdot \epsilon^{-\frac{\pi}{4}(2n-1)\frac{b}{\sqrt{ac}}} \sqrt{\frac{a}{c}}$$

ஒடுக்கல் இல்லாவிடில், அதாவது $b=o$ என்றால்

$$\theta_1 = \theta_2 \ldots = \theta_n = \theta' = \frac{C}{a} Q \sqrt{\frac{a}{c}}$$

$$\therefore \theta' = \frac{\theta_1}{\epsilon^{\frac{-\pi}{4} \frac{b}{\sqrt{ac}}}} = \theta_1 \epsilon^{\frac{\pi}{4} \frac{b}{\sqrt{ac}}}$$

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{\epsilon^{\frac{-\pi}{4} \frac{b}{\sqrt{ac}}}}{\epsilon^{-\frac{3\pi}{4} \frac{b}{\sqrt{ac}}}} = \epsilon^{\frac{\pi}{2} \frac{b}{\sqrt{ac}}}$$

$$\therefore \sqrt{\frac{\theta_1}{\theta_2}} = \epsilon^{\frac{\pi}{4} \cdot \frac{b}{\sqrt{ac}}} \; ; \; \theta' = \theta_1 \sqrt{\frac{\theta_1}{\theta_2}}$$

மடக்கைக் குறையுந் தொகை

மடக்கைக் குறையுந் தொகை என்பது கால்வனிமானியின் ஒரு மாறிலியாகும். இம் மாறிலி ஒடுக்கலுக்கு விகிதச் சமத்திலும் மானி மின் சுற்றின் மின் தடையைப் பொருத்தும் இருக்கும்.

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = \epsilon^{\frac{\pi}{2} \cdot \frac{b}{\sqrt{ac}}}$$

$$\therefore \log_\epsilon \frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{\pi}{2} \frac{b}{\sqrt{ac}} = \lambda$$

$$\theta^1 = \theta_1 \epsilon^{\frac{\pi}{4} \frac{b}{\sqrt{ac}}} = \theta_1 \epsilon^{\frac{\lambda}{2}} \div \theta_1 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

ஆனால், $\frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{\theta_2}{\theta_3} = \ldots = \frac{\theta_{n-1}}{\theta_n} = \epsilon^{\frac{\pi}{2} \frac{b}{\sqrt{ac}}} = \epsilon^{\lambda}$

$$\therefore \frac{\theta_1}{\theta_2} \times \frac{\theta_2}{\theta_3} \times \ldots \times \frac{\theta_{n-1}}{\theta_n} = \left(\epsilon^{\lambda}\right)^{n-1}$$

$$\frac{\theta_1}{\theta_n} = \epsilon^{\lambda (n-1)}$$

$$\log_\epsilon \left(\frac{\theta_1}{\theta_n}\right) = \lambda (n-1)$$

அல்லது, $\lambda = \frac{1}{n-1} \log_\epsilon \left(\frac{\theta_1}{\theta_n}\right)$

முன்பே காட்டியுள்ளபடி ஒடுக்கல் இல்லா விலக்கம்,

$$\theta' = \frac{G}{a} \cdot Q \sqrt{\frac{a}{c}}$$

$$Q = \frac{\sqrt{ac}}{G} \cdot \theta^1 \text{ கூலம்கள்}$$

$$= \frac{c}{G}\sqrt{\frac{a}{c}}\,\theta'$$

$$= \frac{c}{G} \cdot \frac{T'}{2\pi} \cdot \theta'$$

சமன் பாட்டிலிருந்து c_1 G, ஆகியவைகளை விலக்க :

கால்வனிமானி மூலமாக பாயம் நேர் மின்னோட்டம் I_G நிலையான விலக்கம் θ ஏற்படுத்துகிறது என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

$$G\, I_G = c \cdot \theta$$

$$\frac{c}{G} = \frac{I_G}{\theta}$$

$$\text{ஆகவே } \theta = \frac{T'}{2\pi} \frac{I_G}{\theta} \theta'$$

$$= \frac{T'}{2\pi} \cdot \frac{I_G}{\theta}\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \theta_1$$

$$= K\,\theta_1$$

$$\text{இதில் } K = \frac{K^1}{2\pi} \quad \frac{I_G}{\theta} \quad \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

இந்த K கால்வனி மானியை அளவீடு செய்தல் மூலம் கண்டு பிடிக்கப்படவேண்டும். K-யின் மதிப்பு கால்வனிமானியின் ஒடுக்கல் மற்றும் மின்தடையைப் பொருத்து இருப்பதால் அளவீடு செய்யும்பொழுதும் மானி பயன்படுத்தப்படும்பொழுதும் இருக்கக் கூடிய மின்தடையே இருக்கவேண்டும்.

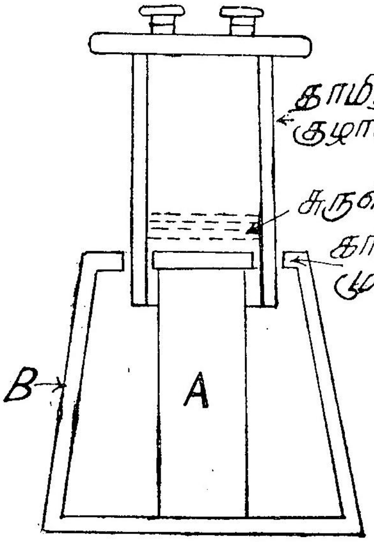
7·3. கால்வனி மானியை அளவீடு செய்தல்

கால்வனிமானியை பல முறைகளில் அளவீடு செய்யலாம். அவற்றில் சில முறைகளை இங்கே பார்க்கலாம்.

(அ) இப்பர்ட் காந்த படித்தரம்

கால்வனிமானியை அளவீடு செய்ய பயன்படும் இப்பர்ட் காந்த படித்தரத்தின் (Hibberts magnetic standard) தத்துவம் படம் 7·2-ல் காண்பிக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் ஒரு வட்டவடிவ சட்டக் காந்தம் A-யும் இரும்பு இணைப்புச் சட்டம் (iron yoke) B-யும் உள்ளன.

இவை இரண்டிற்கும் இடையே வளை வடிவு (annular) காற்றிடை வெளி உள்ளது. இந்த இடைவெளி ஏறத்தாழ 2 மி.மீ. அகலம் இருக்கும். இந்த இடைவெளி வழியே செல்லுமாறு ஒரு ஒற்றை



படம் 7·2
இப்பர்ட் காந்த படித்தரம்

அடுக்கு (single layer) சுருள் உள்ள பித்தளைக் குழாய் அமைக்கப் பட்டிருக்கிறது. இச்சுருள் சுமார் ஒரு செ. மீ. உயரம் உள்ளது. இந்த பித்தளைக் குழாய் ஒரு குறிப்பிட்ட உயர்மட்டத்திலிருந்து விடுபடும்பொழுது புவி ஈர்ப்பு சக்தியால் கீழே விழுவதால், சுருள் ஒரேவேகத்தில் காற்றிடைவெளி காந்தப்புலனைக் கடக்கிறது. ஆகவே சுருளில் தூண்டப்படும் மின் இயக்கு விசை மாறிலியாக இருக்கும். இந்தப் படித்தரத்தைப் பயன்படுத்தி ஒரு குறிப்பிட்ட முதல் விலக்கத் திற்கு தேவையான வெபர் சுற்றுகள் (weber turns) அதாவது சுருளின் சுற்றுகள் மற்றும் அது கடந்த காந்தக்கோடுகள் ஆகியவை களின் பெருக்கம் கண்டு கொள்ளலாம். சுருளிலுள்ள பல்வேறு தொடுகைகள் (tappings) மூலம் வெபர் சுற்றுகளின் எண்ணிக் கையை மாற்றிக் கொள்ளலாம். வழக்கமாக இந்த படித்தரங்களில் 31 முதல் 100 சுருள்கள் வரையிலும் இடைவெளிப் பாயம் 2×10^{-4} வெபர்கள் வரையும் இருக்கும்.

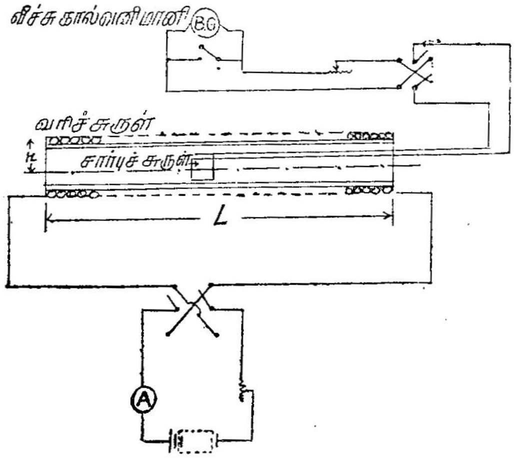
(ஆ) ஒரு மின்தேக்கியை உபயோகித்தல்

ஒரு மின்தேக்கியை ஒரு படித்தர மின்கலம் கொண்டு தெரிந்த ஒரு மின்னழுத்தத்திற்கு மின்னேற்றம் செய்து கால்வனிமானியின்

மூலம் மின்னிறக்கம் செய்யப்படும். மின்னிறக்கம் செய்யப்பட்ட மின் கணியத்தை மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத்திறன் மற்றும் அது மின்னேற்றம் செய்யப்பட்ட மின்னழுத்தம் இவைகள் கொண்டு கணக்கிடலாம். இதன் மூலம் கால்வனிமானியை அளவீடு செய்ய லாம். ஆனால் இந்த முறை சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படுவ தில்லை. ஏனெனில், மின்தேக்கியின் மின்தேக்குத் திறனைத் துல்லிய மாக நிர்ணயிப்பது கடினம். மேலும் இந்த முறையினால் ஒடுக்கல், சோதனையின்போது ஒன்றாகவும் உபயோகத்தின்போது வேறொன் றாகவும் இருக்கும்.

(இ) படித்தர வரிச்சுருள் உபயோகித்தல்

இது வழக்கமாக உபயோகித்தில் உள்ள முறை. படித்தர வரிச்சுருள் (standard solenoid) என்பது ஒரு நீண்ட கம்பிச்சுருளால்,



படம் 7·3

படித்தர வரிச்சுருள் பயன்படுத்தி அலைவு காட்டும் கால்வனிமானியை அளவீடு செய்தல்

காந்தப்படுத்தமுடியாத கடத்தாப் பொருளினால் செய்யப்பட்ட உருளை சுற்றப்பட்டிருக்கும். சுருள் ஒன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட அடுக்குகளாக இருக்கும். ஆனால் சுருளின் நீளம் அதன் சராசரி விட்டத்திற்கு ஒப்பிடுகையில் மிக அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.

வரிச்சுருளின் உள்ளகத்தின் மையத்தின் அருகே புல வலிமை.

$$H=\frac{NI}{L} \text{ ஆசு/மீ.}$$

இதில், N = வரிச்சுருள் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை.

I = சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம்.

L = வரிச்சுருள் நீளம், மீ.-ல்

மேலே கூறியமாதிரி நீளம் அதன் சராசரி விட்டத்தை ஒப்பிட்டு மிக அதிகமாக இல்லாவிடில்,

$$H = k\,\frac{NI}{L}$$

d என்பது வரிச்சுருளின் ஆரை ஆழம் (radial depth), r என்பது சராசரி ஆரம் என்றால்

$$k = \frac{L}{2d}\,\text{லாக்}_e\left[\frac{\left(r+\frac{d}{2}\right)+\sqrt{\left(r+\frac{d}{2}\right)^2+\frac{L^2}{4}}}{\left(r-\frac{d}{2}\right)+\sqrt{\left(r-\frac{d}{2}\right)^2+\frac{L^2}{4}}}\right]$$

ஆரை ஆழம் 'd' சிறியதாகையால் கீழ்க்கண்ட சமன்பாடு நிரூபிக்கப்படும்.

$$H = \frac{NI}{L}\,\text{கொசைன்}\ \theta$$

இதில் $\theta = \text{டேன்}^{-1}\dfrac{r}{\frac{L}{2}}$

$$\therefore\ H = \frac{NI}{L}\,\frac{\frac{L}{2}}{\sqrt{r^2+\left(\frac{L}{2}\right)^2}}$$

$$= \frac{1}{2}\,\frac{NI}{\sqrt{r^2+\left(\frac{L}{2}\right)^2}}$$

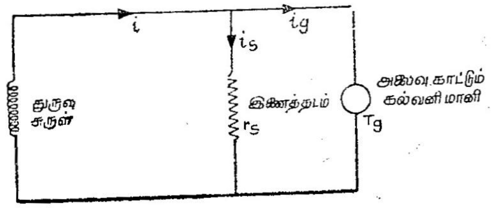
இந்த வரிச்சுருளின் மையத்தில், மெல்லிய கம்பியால் பல நூறு சுற்றுகள் உடைய ஒரு துணைச் சுருள் இருக்கிறது. இத்துணைச் சுருளின் நீளம் மிகக் குறைவாக இருத்தல் வேண்டும்.

இந்தத் துணைச்சுருள் அலைவு காட்டும் கால்வனிமானியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். வரிச்சுருள் மூலம், மின்கலத்திலிருந்து புரட்டக்கூடிய இணைப்பி மூலமாகத் தெரிந்த அளவு மின்னோட்டம் செலுத்தப்படுகிறது. வரிச்சுருள் மின்னோட்டம் புரட்டப்படும் பொழுது துணைச்சுருளில் ஒரு மின்னோட்டம் தூண்டப்பட்டு,

கால்வனிமானியில் விலக்கம் ஏற்படுகிறது. இந்த விலக்கத்தை ஏற்படுத்தும் வெபர் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை வரிச்சுருளின் மையத்தில் H-ன் மதிப்பு மற்றும் துணைச்சுருளின் அளவுகள் சுற்றுகள் எண்ணிக்கை ஆகியவைகளைக் கொண்டு கணக்கிடப் படும்.

7·4. கால்வனிமானியுடன் இணைத்தடம் உபயோகித்தல்

கால்வனியின் நெடுக்கத்தை விரிவாக்க ஒரு இணைத்தடம் படம்



படம் 7·4

அலைவு காட்டும் கால்வனிமானியுடன் இணைத்தடம் உபயோகித்தல்

7·4-ல் காட்டியதுபோல் பயன்படுத்தப்படும். இணைத்தடம் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டத்தை மாற்றுவதோடல்லாமல் ஒடுக்கலையும் அதிகரிக்கிறது. துருவுச் சுருளின் மின்னேற்றம் இணைத்தடம் மற்றும் கால்வனிமானி ஆகியவைகளுக்கு இடையே அவைகளின் மின் தடையைப் பொருத்து பிரிகிறது.

கால்வனிமானியின் மின்தடை — r_g

,, மின் நிலைமம் — L_g

துருவுச் சுருள் மின்னோட்டம் — i

கால்வனிமானி மின்னோட்டம் — i_g

இணைத்தட மின்தடை — r_s

இணைத்தட மின்னோட்டம் — i_s

இணைத்தட மின்னழுத்தம் = கால்வனிமானி மின்னழுத்தம்

$$i_s r_s = i_g r_g + L \frac{d i_g}{d t}$$

$$\int_0^t i_s r_s \, d t = \int_0^t i_g r_g \, d t + L \int_0^t d i_g$$

இதில் $\int_0^t d i_g = 0$ ஏனெனில் i_g பாயும் நேரம் ஏறத்தாழ 0.

$$\therefore\quad r_s \int_0^t i_s\, dt = r_g \int_0^t i_g\, dt$$

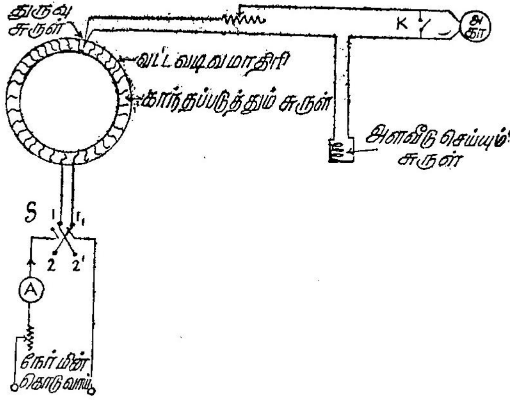
$$r_s\, q_s = r_g\, q_g$$

அல்லது, $$\frac{q_s}{q_g} = \frac{r_g}{r_s}$$

அதாவது, மின்நிலைமம் இரு இணை வழிகளில் மின்னேற்றத்தின் பிரிவைப் பாதிப்பதில்லை.

7·5. கால்வனிமானியை பாயத்தை அளக்க பயன்படுத்தல்

வட்டவடிவ காந்தப் பொருளின் மாதிரியில் அதன்மேல் ஒரே சீராக சுற்றப்பட்டுள்ள காந்தச் சுருளின் மின்னோட்டம் I ஏற்படுத்தும் பாயத்தை அளக்க வழிமுறை படம் 7·5-ல் காண்க. தகுதியான



படம் 7·5

பாயமனி கொண்டு பாயத்தை அளத்தல்

எண்ணிக்கை உடைய சுற்றுக்களைக் கொண்ட ஒரு துருவுச் சுருள் மாதிரியின்மேல் சுற்றப்பட்டு ஒரு மின்தடை மற்றும் அளவீடு செய்யும் சுருள் மூலமாக ஓர் அலைவு காட்டும் கால்வனிமானியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டம் I புரட்டப்பட்டு கால்வனிமானியின் விலக்கம் θ குறிக்கப்படுகிறது. இதனால் ஏற்படும் பாய மாறுதல் $R\,K\,\theta'$ ஆகும். இதில் θ' என்பது ஒடுக்கல் இல்லாத விலக்கம் $\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$; K கால்வனிமானியின் மாறிலி; k என்பது மானி மின்சுற்றின் மின்தடை மற்றும் துருவுச் சுருள் சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கையைப் பொருத்த மாறிலி. கால்வனிமானி மாறிலி K, அளவீடு செய்யும் சுருளைப் பயன்படுத்திக் கண்டுபிடிக்கப்படலாம்.

அறிமுறை

துருவுச் சுருள் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை — N
துருவுச் சுருள் அணையும் பாயம் — ϕ
கால்வனிமானி மின்சுற்றின் மின்தடை — R
மின்னோட்டத்தை புரட்ட ஏற்படும் நேரம் — t நொடிகள்

பாயம் புரட்ட ஏற்படும் நேரம், மின்னோட்டம் புரட்ட ஏற்படும் நேரம் t ஆகும்.

∴ துருவுச் சுருளில் தூண்டப்படும் மின் இயக்கு விசை.

$$= N \frac{d\phi}{dt} \text{ வோல்ட்கள்}$$

தூண்டப்பட்ட சராசரி மின் இயக்கு விசை $= N \dfrac{2\phi}{t}$ வோ.

கால்வனிமானி மின்சுற்றில் சராசரி மின்னோட்டம்

$$= N \frac{2\phi}{tR} \text{ ஆ.}$$

கால்வனிமானி மூலம் மின்னிறக்கம் t நொடிகளில் செய்யப்பட்ட மின் கணியம்

$$= N \times \frac{2\phi}{tR} \times t \text{ கூலம்கள்}$$

$$= 2 \frac{N\phi}{R} \text{ கூலம்கள்}$$

$$= K\theta'$$

ஆகவே, மாதிரியில் பாயம்,

$$\phi = \frac{RK\theta'}{2N}$$

$$\therefore \quad k = \frac{R}{2N}$$

எடுத்துக்காட்டு 7·1

ஒரு அலைவு காட்டும் கால்வனிமானி மூலமாக 0·0001 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும்பொழுது 50 பிரிவுகள் நிலையான விலக்கம் ஏற்படுகிறது. ஒரு மின்தேக்கி 200 வோல்ட் மின்னழுத்தத்திற்கு மின்னேற்றம் செய்யப்பட்டு கால்வனிமானி மூலம் மின்னிறக்கம் செய்யப்படும்பொழுது மானியின் முதல் விலக்கம் 220 பிரிவுகள். அலைவு நேரம் 4 நொடிகள். மின்தேக்கியின் மின் தேக்குத் திறன் என்ன ?

தீர்வு

$$Q = K\,\theta_1 = \frac{T'}{2\pi}\,\frac{I}{\theta}\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)\theta_1$$

T' = அலைவு நேரம் = 4 நொடிகள்

I = நிலையான மின்னோட்டம் = 0·0001 ஆ.

λ = மடக்கைக் குறையுந் தொகை = 0

θ = 50 பிரிவுகள்

θ_1 = 220 பிரிவுகள்

$$\therefore\ Q = \frac{4}{2\pi}\times\frac{0{\cdot}0001}{50}\left(1+\frac{0}{2}\right)220$$

$= 280\times10^{-6}$ கூலம்கள்

ஆனால் $Q = V\times C$

$$\therefore\ C = \frac{Q}{V} = \frac{280\times10^{-6}}{200} = 1{\cdot}4\times10^{-6}\ \text{பா.}$$

$= 1{\cdot}4$ மை.பா.

எடுத்துக்காட்டு 7·2

ஒரு ஒடுக்கலற்ற அலைவு காட்டும் கால்வனிமானியின் அலைவு நேரம் 10 நொடிகள். 0·2 மி. ஆ. மின்னோட்டம் 400 பிரிவுகள் விலக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது. கருவியின் குறையுந் தொகை 1·3 என்றால் இந்த அலைவை ஏற்படுத்தும் மின் கணியம் எவ்வளவு ?

தீர்வு

$$Q = K\,\theta_1 = \frac{T'}{2\pi}\,\frac{I}{\theta}\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)\theta_1$$

T^1 = 10 நொடிகள்

I = 0·2 மி. ஆ. = 2×10^{-4} ஆ.

θ = 400 பிரிவுகள்

ஒடுக்கலற்றபொழுது

θ_1 = 200 பிரிவுகள் $\lambda = 0$

$$\therefore\ Q = \frac{10}{2\pi}\times\frac{2\times10^{-4}}{200}\left(1+\frac{0}{2}\right)\times200$$

$= 0{\cdot}796\times10^{-4}$ கூலம்கள்

$= 79{\cdot}6$ மை. கூலம்கள்

குறையுந்தொகை 1·03 ஆக இருக்கும்பொழுது

$$\lambda = \text{லாக்}_e\ 1{\cdot}3 = 0{\cdot}0296$$

$$\therefore Q = \frac{10}{2\pi} \times \frac{2\times10^{-4}}{200}\left(1+\frac{0{\cdot}296}{2}\right)200$$

$$= 0{\cdot}808\times10^{-4}\ \text{கூ}$$

$$= 80{\cdot}8\ \text{மை. கூ.}$$

எடுத்துக்காட்டு 7·3

ஒரு நேர்மின்சார இயந்திரத்தின் கசிவுக் கெழுவைக் (leakage coefficient) கண்டுபிடிக்க ஒரு கால்வனிமானி பயன்படுத்தப் படுகிறது. மானியின் மாறிலி 0·2 மை. கூ./பிரிவு; மின்சுற்று மின்தடை 8000 Ω. மானி இயந்திரத்தின் புலச்சுருளைச் சுற்றி சுற்றப் பட்ட 3 சுற்றுகளுடைய துருவுங் சுருள் இணைக்கப்பட்டு சாதாரண புல மின்னோட்டம் புரட்டப்பட்டும்பொழுது 150 பிரிவுகள் விலக்க மும், இதேபோல் மொத்த பாயத்தையும் அணையுமாறு மின்ன கத்தைச் சுற்றி 6 சுற்றுகளுடைய துருவுச் சுருள் வைக்க மானியுடன் இணைக்கப்பட்டு மின்னோட்டம் புரட்டப்படும் பொழுது 240 பிரிவு விலக்கமும் ஏற்படுகிறது. இயந்திரத்தின் கசிவுக் கெழுவைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

தீர்வு

$$\text{பாய மாற்றம்} = \frac{k}{N}\,\theta$$

ϕ_1 — மொத்தப் பாயத்தில் மாறுதல்

N_1 — முதல் துருவு சுருள் சுற்றுகள் எண்ணிக்கை $= 3$

θ_1 — முதலில் ஏற்பட்ட முதல் விலக்கம் $= 150$

ϕ_2 — உபயோகப்படக்கூடிய பாயத்தில் மாறுதல்

N_2 — இரண்டாவது துருவு சுருள் சுற்றுகள் எண்ணிக்கை $= 6$

θ_2 — இரண்டாவது ஏற்பட்ட முதல் விலக்கம் $= 240$.

$$\text{கசிவுக்கெழு} = \frac{\text{மொத்த பாயம்}}{\text{பயன்படும் பாயம்}}$$

$$= \frac{k\,\theta_1}{N_1} = \frac{N_2}{K\,\theta_2}$$

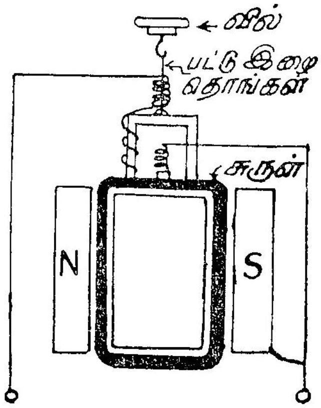
$$= \frac{\theta_1}{N_1}\cdot\frac{N_2}{\theta_2} = \frac{150}{240}\times\frac{6}{3}$$

$$= 1{\cdot}25$$

7·6. கிராசாட் பாயமானி

கிராசாட் (Grassot) பாயமானி (fluxmeter), அலைவுகாட்டும் கால்வனிமானிகளில் ஒரு சிறப்புவகை. இதில் கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை மிகக்குறைவு; மின்காந்த ஒடுக்கல் மிக அதிகம்.

இப்பாயமானியின் அமைப்பை படம் 7·6-ல் காண்க. ஒரு சிறிய வெட்டுமுகம், உடைய சுருள் ஒரு வில்லிலிருந்து பட்டிழை மூலமாகத் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும். அதனுடைய இணைப்பக்கங்கள் நிலைகாந்த அமைப்பின் குறுகிய காற்றிடை வெளியில் இருக்குமாறு தொங்குகிறது. இச்சுருளுக்கு மின்னோட்டம் பதனுற்றிய மெல்லிய வெள்ளிக்கம்பிச் சுருள் மூலமாகச் செலுத்தப்படுகிறது. இந்தக் கருவியின் இயங்கமைப்புடன் ஒரு குறிமுள் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். அளவுத்திட்டம் கோடு—சுற்றுகள் என்று பிரித்து குறிக்கப்பட்டிருக்கும்.



படம் 7·6
கிரசாட் பாயமானி

இக்கருவி எளிதாக கையில் எடுத்துச் செல்லக்கூடியது. மேலும் இதற்கு பாயமாற்றம் நிகழும் நேரம் மிகக் குறைவாக இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை. கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை இல்லாவிடில் இப் பாயமானியின் இயங்கமைப்பு விலகிய நிலையிலேயே நிலையாக இருக்கும். குறைவான கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை இருப்பதால் குறிமுள் மெதுவாக பூச்சியத்திற்குத் திரும்பும். அளவீடு ஒரே சீராக இருப்பதால் குறிமுள் பூச்சியத்திற்குத் திரும்ப வேண்டும் என்ற அவசியமில்லை. பாயமாறுதல் ஏற்படும் முன்னும் விலக்கத்தை குறித்து வேறுபாட்டை எடுத்துக் கொள்ளலாம். பாயமானியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் துருவு சுருள் மின்சுற்றின் மின்தடை மற்றும் மின் நிலைமம் ஆகியவை விலக்கத்தைப் பொருத்தவரை இன்றியமையாதவை அல்ல.

பாயமானியின் அறிமுறை

கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை, காற்று ஒடுக்கல், உராய்வு ஆகியவை புறக்கணிக்கத் தக்கவை என்று வைத்துக் கொள்வோம்.

துருவுச் சுருள் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை		$-N$
,,	மின்சுற்றின் மின்தடை	$-r_s$
,,	,, மின் நிலைமம்	$-l_s$

பாயமானியின் மின்தடை	$-R$
,, மின் நிலைமம்	$-L$
துருவுச் சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்இயக்குவிசை	$-e_s$
பாயமானி ,, ,, ,,	$-e_f$
மின்சுற்றில் மின்னோட்டம்	$-i$

$$\therefore \quad e_s = N\frac{d\phi}{dt}$$

$$e_f = k\frac{d\theta}{dt}$$

இவற்றில் $\frac{d\phi}{dt}$ — துருவுசுருளுடன் இணையும் பாயத்தில் மாறுவிதம்

$\frac{d\theta}{dt}$ —பாயமானி சுருளின் கோணத்திசை விரைவு

k — பாயமானி மாறிலி.

$$\therefore e_s = e_f + (L + l_s)\frac{d\theta}{dt} + (r_s + R)\, i$$

i சிறியதாகையால் r_sம் சிறியதானுல் $(r_s+R)i$ புறக்கணிக்கத் தக்கது.

$$\therefore e_s = N\frac{d\phi}{dt} = k\frac{d\theta}{dt} + (L + l_s)\frac{di}{dt}$$

$$\int_0^T N\frac{d\phi}{dt}\cdot dt = \int_0^T K\frac{d\theta}{dt}\cdot dt + \int_0^T (L + l_s)\frac{di}{dt}\cdot dt$$

இதில் T என்பது பாய மாறுதல் நிகழ்ந்த நேரம். பாய மாறுதல் தொடக்கத்திலும் முடிவிலும், பாயங்கள் முறையே ϕ_1 மற்றும் ϕ_2, விலக்கம் θ_1 மற்றும் θ_2, மின்னோட்டங்கள் i_1, மற்றும் i_2 என்ருல்

$$\int_{\phi_1}^{\phi_2} N\, d\phi = \int_{\theta_1}^{\theta_2} K\, d\theta + \int_{c_1}^{i_2} (L + l_s)\, di$$

i_1, i_2 இரண்டும் பூச்சியமாகையால்,

$$\int_{i_1}^{i_2} (L + l_s)\, di = O$$

$$\therefore N(\phi_2 - \phi_1) = K(\theta_2 - \theta_1)$$

∴ θ என்பது பாயத்தில் மாறுதலும், θ என்பது விலக்கத்தில் மாறுதலும் ஆனுல்,

$$\phi = \frac{K}{N}\theta$$

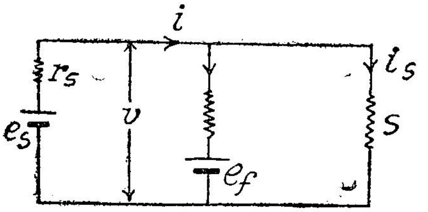
இயங்கு சுருளின் எல்லா நிலைகளுக்கும் நிலை காந்தப்புலன் ஒரே சீராஞல் K என்பது மாறிலி.

$$\therefore \phi \propto \theta.$$

7·7. பாயமானியின் இணைத்திட்டம்

துருவுச் சுருள் ஒரே ஒரு சுற்று உடையதாக எடுத்துக்கொண்டால், பாயமானி கொண்டு அதிக அளவு பாயத்தை அளக்கலாம். ஆயினும் மிக அதிக அளவு பாயத்தை அளக்க பாயமானியின் நெடுக்கம் விரிவாக்கப்பட வேண்டியிருக்கும். நெடுக்கம் விரிவாக்க இணைத்தடங்கள் பயன்படுத்தலாம்.

படம் 7·7-ல் இணைத்தடம் உபயோகப்படுத்தப்பட்ட பாயமானி மின் சுற்றின் படம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. தூண்டப்பட்ட மின்



படம் 7·7
இணைத்தடத்துடன் பாயமானி மின்சுற்று

இயக்கு விசைகள் மின் கலங்களாகவும், பாயமானி மின்தடை R ஆகவும் குறிக்கப்பட்டுள்ளன.

இணைத்தட மின் தடை		S என வை.
துருவு சுருள் மின்னேட்டம்		i
பாயமானியில்	,,	i_m
இணைத்தட	,,	i_s
கண மின்னழுத்தம்	,,	v

$$v = i_m R + e_f$$

$$v = i_s S = (i - i_m) S$$

$$v = e_s - i\, r_s$$

$$i = i_m + i_s$$

$$\therefore e_s - i r_s = e_f + i_m R$$

$$\therefore e_s - e_f = i_m R + i r_s$$

$$= i_m R + (i_m + i_s) r_s$$

$$= i_m (R + r_s) + r_s \frac{(i_m R + e_f)}{S}$$

$$e_s - e_f - \frac{r_s}{S} e_f = i_m \ (h + r_s) + \frac{r_s R}{S} \cdot i_m$$

$$= o \ (\because i_m r_s \text{ மிகக் குறைவு})$$

$$\therefore e_s = e_f \frac{S + r_s}{S}$$

$$\text{ஆனுல் } e_s = N \frac{d\phi}{dt}; \ e_f = K \frac{d\theta}{dt}$$

$$\therefore N \frac{d\phi}{dt} = K \frac{d\theta}{dt} \frac{(S + r_s)}{S}$$

$$\int_o^T N \frac{d\phi}{dt} \ dt = \int_o^T K \frac{(S + r_s)}{S} \frac{d\phi}{dt} \ dt.$$

$$\therefore N\phi = K \frac{(S + r_s)}{S} \theta$$

$$\therefore \phi = \frac{K}{N} \frac{S + r_s}{S} \theta$$

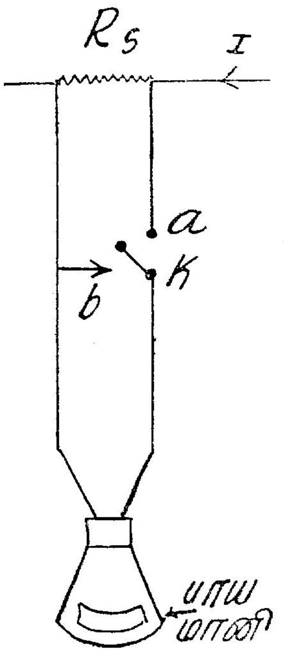
7·8. பாயமானியைப் பயன்படுத்தி கசிவுக் காரணி கண்டு பிடித்தல்

மின் இயந்திரங்களில் காந்த முனைகளில் ஏற்படும் பாயம் முழுவதும் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. அதில் ஒரு பகுதி காற்றிடை வெளியைத் தாண்டாமலேயே ஒரு முனையிலிருந்து மற்றொரு முனைக்கு செல்வதால் கசிவுப் பாயம் எனப்படும். இவைகளின் வேறுபாடு பயன்படும் பாயம் எனப்படும். கசிவுக் காரணி என்பது $\frac{\text{மொத்த பாயும்}}{\text{பயன் படும் பாயும்}}$ என்ற விகிதமாகும்.

இக்காரணி பாயமானி மூலம் கணக்கிடப்படலாம். மொத்த பாயத்தை அளப்பதற்கு இரு துருவுச்சுருள்கள் இணைப்புச் சட்டத்தில் இரு இடங்களில், அதாவது ஒரு முனையின் இரு புறங்களிலும் சுற்றப் படும். இணைப்புச் சட்டத்தில் உள்ள பாயம் மொத்தப் பாயத்தில் அரைப்பகுதியே ஆகையால் இரு துருவு சுருள்களும் தொடராக

இணைக்கப்பட்டு பாயமானியுடன் இணைக்கப்படவேண்டும். இவ்வாறு மொத்த பாயம் அளக்கப்படும். மற்றொரு துருவு சுருள் பயன்படும் பாயத்தை தழுவும் வகையில் மின்னகத்தில் வைக்கப்பட்டு பாய மானியுடன் இணைக்கப்படுகிறது. இதன் மூலம் பயன்படும் பாயம் அளக்கப்படும். இந்த இரு அளவுகளிலிருந்து கசிவுக் காரணி கண்டு பிடிக்கப்படும். எடுத்துக்காட்டு 7·3 பார்க்க.

7·9. பாயமானியை மின்கணிய அளவியாகப் பயன்படுத்தல்



படம் 7·8

கிரசாட் பாயமானியை மின் கணியத்தை அளக்க பயன்படுத்த லாம். பாயமானியில் அளக்கப்பட வேண்டிய மின் கணியத்தில் ஒரு பகுதியே பாயும். படம் 7·8-ல் காட்டி யுள்ள மாதிரி, பாயமானி தகுந்த இணைத்தடத்துடன் உபயோகப் படுத்தப்படும். இணைப்பி k, 'b'யில் இணைத்த உடன் பாயமானி குறுக்கீடு செய்யப்படுகிறது. அதனுடைய இயக் கம் மின் காந்த ஒடுக்கலினுல் நிறுத்தப் படுகிறது. மின்தடை R மூலமாக பாயும், மின் கணியத்தை அளக்கப்பட வேண்டிய நேர இடைவெளி Tயின் தொடக்கத்தில் இணைப்பி b யிலிருந்து a க்கு மாற்றப்பட்டு இறுதியில் a யிலி ருந்து b க்கு மாற்றப்பட்டு விடும். பாயமானியின் விலக்கங்களின் வேறு பாட்டை, அதன் மாறிலிகள் மற்றும் இணைத்தட மின்தடை ஆகியவற்றை பொருத்து இருக்கிற ஒரு மாறிலியால் பெருக்க மின் கணியம் கிடைக்கும்.

அறிமுறை

முதன்மை மின்சுற்றில் மின்னேட்டம்	$= I$
அளக்கும் நேர இடைவெளியில் பாயமானி மின்சுற்றில் மின்னேட்டம்	$= i$
இணைத்தடை மின்தடை	$= R_s$
,, மின் நிலைமம்	$= L_s$
பாயமானி மின் சுற்றின் மின்தடை	$= R$
,, ,, மின் நிலைமம்	$= L$

பகுதி 7·6-ல் காட்டிய மாதிரி

$$e_s = N \frac{d\phi}{dt} \; ; \; e_f = K \frac{d\theta}{dt}$$

$$e_s = R_s (I-i) + L_s \frac{d(I-i)}{dt}$$

$$e_s = e_f + L \frac{di}{dt} + Ri$$

$$R_s (I-i) + L_s \frac{d(I-i)}{dt} = K \frac{d\theta}{dt} + L\frac{di}{dt} + Ri$$

i மிகச் சிறியதாகையால், Ri புறக்கணிக்கத்தக்கது.

மேலும் $I - i \doteqdot I$

$$\therefore R_s I + L_s \frac{dI}{dt} = K\frac{d\theta}{dt} + L\frac{di}{dt}$$

$$\int_0^T \left(R_s I + L_s \frac{dI}{dt}\right) dt = \int_0^T K \frac{d\theta}{dt} \cdot dt + \int_0^T L \frac{di}{dt} \cdot dt$$

$$\therefore R_s \int_0^T I\, dt + L_s \int_{I_1}^{I_2} dI = K \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta + L \int_{i_1}^{i_2} di$$

இதில் I_1, I_2 ஆகியவை முதன்மை மின்சுற்றில் தொடக்க மற்றும் இறுதி மின்னோட்டங்கள் θ_1, θ_2 பாயமானியின் தொடக்க மற்றும் இறுதி விலக்கங்கள் ; i_1, i_2 ஆகியவை பாயமானி மின் சுற்றின் தொடக்க மாற்றம் இறுதி மின்னோட்டங்கள். இவை இரண்டும் ஏறத்தாழப் பூச்சியம்.

$$\therefore R_s \int_0^T I\, dt + L_s \int_{I_1}^{I_2} dI = K(\theta_2 - \theta_1)$$

L_s. சிறியது என்றால்,

$$R_s \int_0^T I\, dt = K(\theta_2 - \theta_1)$$

$$\therefore \text{அளக்கப்படவேண்டிய மின்கணியம்} = \int_0^T I\, dt$$

$$= \frac{K}{R} (\theta_2 - \theta_1)$$

எடுத்துக்காட்டு 7·4

ஒரு பாயமானி, 500 சுற்றுகளும், சராசரி பரப்பு 5 சதுர செ.மீ. உடையச் துருவு சுருள் ஒன்று ஒரு பாயமானியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இந்தத் துருவுச் சுருள், 800 சுற்றுகளும் ஒரு மீட்டர் நீளமுமுடைய காற்று உள்ளக வரிச்சுருளின் மையத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. 5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் புரட்டப்பட்டால் பாயமானியில் 25 பிரிவுகள் விலக்கம் ஏற்படுகிறது. ஒரு பிரிவு விலக்கத்திற்கு இவ்வளவு பாயத்தொடர்பு என்ற கணக்கில் பாயமானியின் அளவீடுகளைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

தீர்வு

மொத்த ஆம்பியர்-சுற்றுகள் மாறுதல்

$$= 800\,\{5-(-5)\} = 8000$$

காற்று உள்ளக வரிச்சுருளின் பாய அடர்த்தி

$$B = \mu_0 H = \mu_0 \frac{NI}{l}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}}{l} \text{ (ஆம்பியர் சுற்றுகள்)}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7}}{1} \times 8000$$

$$= 32\pi \times 10^{-4} \text{ வெ/ச.மீ.}$$

துருவுச்சுருளின் பாயத்தொடர்பு $= 32\pi \times 10^{-4} \times 5 \times 500 \times 10^{-4}$

கருவியின் அளவீடு $= \dfrac{32\pi \times 10^{-4} \times 5 \times 500 \times 10^{-4}}{25}$

$= 1{\cdot}0048 \times 10^{-4}$ வெ/பிரிவு

எடுத்துக்காட்டு 7·5

ஒரு பாயமானி கீழ்கண்ட மாதிரிகளை உடையதாக இருக்கிறது.

காற்றிடைவெளி பாய அடர்த்தி = 0·01 வெ/ச.மீ.

இயங்கு சுருளில் சுற்றுகள் = 100

இயங்கு சுருளின் பரப்பு = 15 ச.செ.மீ.

20 சுற்றுகளும் 4 ச.செ.மீ. பரப்பும் உள்ள ஒரு துருவு சுருள் பாயமானியுடன் இணைக்கப்பட்டு இருக்கிறது. 0·125 வெ/ச.மீ. பாய அடர்த்தி உள்ள ஒரு புலனில் இச்சுருள் புரட்டப்பட்டால் பாயமானியின் விலக்கம் என்ன ?

தீர்வு

சுருளின் பாயத்தொடர்பில் மொத்த மாறுதல் — ϕ

துருவு சுருளின் சுற்றுகள் எண்ணிக்கை — N

பாயமானியின் விலக்கம் — θ ஆரையன்கள்

இயங்கு சுருளில் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை — N_c

நிலைகாந்தத்தின் புல வலிமை — H_c

இயங்கு சுருளின் பரப்பு — A_c

$$\phi = \frac{N_c\, H_c\, A_c}{N}\,\theta$$

துருவுச் சுருளின் பாயத்தொடர்பு $= 125\times4\times10^{-4} = 0{\cdot}5\times10^{-4}$ வெ.

பாயத்தில் மாறுதல் $= {\cdot}5\times10^{-4} - (-{\cdot}5\times10^{-4}) = 1\times10^{-4}$ வெ.

$$\therefore\ \phi = 1\times10^{-4} = \frac{100\times0{\cdot}01\times15\times10_c^{-4}}{20}\,\theta$$

$$15\,\theta = 20$$

$$\theta = \frac{20}{15} = \frac{4}{3} \text{ ஆரையன்}$$

$$= \frac{4}{3}\times\frac{180}{\pi} = 76{\cdot}45^\circ$$

ஆகவே மானியின் விலக்கம் 76·45°

எடுத்துக்காட்டு 7·6

0·0045 காந்தத்தடை உடைய ஒரு காந்த மின் சுற்று 24000 ஆம்பியர்-சுற்றுகளால் கிளரப்படுகிறது. 140 பிரிவுகள் உள்ள பாயமானி ஒன்று பாயத்தை அளக்க பயன்படுத்தப்படுகிறது.

தேவையான இணைத்தடத்தின் மின்தடையைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

துருவுச் சுருளின் சுற்றுகள் எண்ணிக்கை — 1

,, ,, மின்தடை — 0·04 Ω

பாயமானியில் ஒரு பிரிவு விலக்கம் ஏற்படுத்த 18000 கோடு சுற்றுகள் தேவைப்படுகிறது.

பாயமானி சுருளின் மின்தடையை ஒப்பிடுகையில் இணைத்தட மற்றும் துருவுச் சுருள் மின்தடைகள் புறக்கணிக்கத் தக்கவை என்று தற்கொள்க.

தீர்வு

$$\text{பாயம்} = \frac{4\pi}{10} \times \frac{\text{ஆம்பியர் சுற்று}}{\text{காந்தத் தடை}}$$

$$= \frac{4\pi}{10} \times \frac{24000}{0{\cdot}0045}$$

$$= 6{\cdot}7 \times 10^6 \text{ கோடுகள்}$$

$$\text{இணைத்தடமின்றி } \frac{\phi}{\theta} = 18{,}000$$

$$\text{இணைத்தடத்துடன் } \phi = \frac{K}{N}\,\frac{S+R}{S}\,\theta$$

இவற்றில்

அளக்கப்பட்ட பாயம்	—	ϕ
இணைத்தட மின் தடை	—	S
துருவுச் சுருள் ,,	—	R
விலக்கம்	—	θ

$$\therefore \phi = 6{\cdot}7 \times 10^6 = 18000 \times \frac{S + 0{\cdot}04}{S} \times 140$$

$$6{\cdot}7 \times 10^6\, S = 18000 \times 140\,(S + 0{\cdot}04)$$

$$6{\cdot}7\, S = 1{\cdot}8 \times 1{\cdot}4\, S + 1{\cdot}8 \times 1{\cdot}4 \times 0.04$$

$$S(6{\cdot}7 - 1{\cdot}8 \times 1{\cdot}4) = 1{\cdot}8 \times 1{\cdot}4 \times 0{\cdot}04$$

$$S\,(6{\cdot}7 - 2{\cdot}52) = 10{\cdot}08 \times 10^{-2}$$

$$S \times 4{\cdot}18 = 10{\cdot}08 \times 10^{-2}$$

$$S = \frac{10{\cdot}08 \times 10^{-2}}{4{\cdot}18}$$

$$= 2{\cdot}41 \times 10^{-2}\ \Omega.$$

பயிற்சி 7

1. ஒடுக்கல் இல்லாத கால்வனிமானி ஒன்றின் அலைவு நேரம் 10 நொடிகள். அதில் 0·1 மில்லி ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 150 பிரிவுகள் நிலையான விலக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது. அதில் 100 பிரிவுகள் விலக்கம் ஏற்படுவதற்கு தேவையான மின் கணியம் எவ்வளவு ?

அதனுடைய குறையுந் தொகை (decrement) 1·1 ஆக இருக்குமாறு ஒடுக்கல் செய்யப்பட்டால் அதே 100 பிரிவுகள் விலக்கத்திற்குத் தேவையான மின் கணியம் எவ்வளவு ?

2. ஒரு அலைவுகாட்டும் கால்வானி-மானியில் 1000 மை. கூலம் மின்னிறக்கத்திற்கு முதல் விலக்கம் 60° ஏற்படுகிறது. (அ) முதல் விலக்கம் 90° விலக்கம்

ஏற்படுவதற்கும் (ஆ) 1 மீடர் தள்ளியுள்ள அளவுத்திட்டத்தில் 10 மி.மீ. புள்ளி விலக்கம் ஏற்படுவதற்கும், தேவையான மின் கணியம் எவ்வளவு?

3. ஒரு அலைவு-காட்டும் கால்வனி மானியில் 0·1 மில்லி ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது 50 பிரிவுகள் நிலை விலக்கம் ஏற்படுகிறது. ஒரு மின்தேக்கி 100 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தில் மின்னேற்றம் செய்யப்பட்டு, கால்வனி மானிமூலம் மின்னிறக்கம் செய்யப்படும்பொழுது 220 பிரிவுகள் முதல் விலக்கம் ஏற்படுகிறது. அதன் அலைவுநேரம் 4 நொடிகள். மின்தேக்கியின் மின் தேக்குத் திறன் என்ன?

4. ஒரு இயங்குசுருள் கால்வானிமானி 0·0001 மில்லி ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, 250 செ.மீ. தூரத்தில் உள்ள அளவுத் திட்டத்தில் 15 செ.மீ. விலக்கம் ஏற்படுத்துகிறது. அதன் அலைவு நேரம் 4 நொடிகள். அதன் இயங்கமைப்பின் மடிமைத் திருப்புமை 10 கி. செ.மீ^{2}. மாறுநிலை ஒடுக்கல் செய்வதற்குக் கால்வனி மானி மின்சுற்றில் எவ்வளவு மின்தடை இருக்க வேண்டும்? மற்ற வகை ஒடுக்கல்கள் புறக்கணிக்கத் தக்கவை.

5. ஒரு இயங்குசுருள் கால்வனி மானியின் விவரங்கள் பின்வருமாறு :

சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை	250
ஆரை காந்த புலன்	0·1 வெ/மீ^{2}
தொங்கலின் முறுக்கு மாறிலி	$0{\cdot}26\times10^{-6}$ நியூ மீ/ஆரையன்
சுருளின் அளவுகள்	$0{\cdot}02\times0{\cdot}025$ மீடர்கள்
மடிமைத் திருப்புமை	$1{\cdot}5\times10^{-7}$ கி.கி-மீ^{2}

கால்வனிமானி மாறுநிலை ஒடுக்கல் உடையதாயிருக்கத் தேவையான மின் தடையைக் கண்டுபிடி.

6. ஒரு அலைவுகாட்டும் கால்வனிமானியின் அலைவுநேரம் 10 நொடிகள். அதில் 0·1 மீ. ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 200 பிரிவு நிலையான விலக்கத்தைக் கொடுக்கிறது. கருவியின் குறையுந் தொகை 1·03 ஆனால் இதே விலக்கத்திற்குத் தேவையான மின் கணியம் எவ்வளவு?

7. ஒரு இரும்பு வளைய மாதிரியின் சராசரி விட்டம் 10 செ. மீ; வெட்டுமுகப் பரப்பு 0·335 செ.மீ^{2} அது 320 சுற்றுகள் உள்ள காந்தப்படுத்தும் சுருணையாலும் 220 சுற்றுகள் உள்ள துணைச் சுருணையாலும் சுற்றப்பட்டிருக்கின்றன. 10 ஆம்பியர் காந்தப்படுத்தும் மின்னோட்டத்தைப் புரட்டும்பொழுது அலைவுகாட்டும் கால்வனி மானி ஒன்றில் 272 பிரிவுகள் முதல் விலக்கம் ஏற்படுகிறது. 10 சுற்றுகளும். $2{\cdot}5\times10^{-4}$ வெபர் பாயமும் உள்ள இப்பர்ட் காந்தப் படித்தரத்தைப் பயன் படுத்தும்பொழுது அதே மானியில் 102 பிரிவுகள் விலக்கம் ஏற்படுகிறது. மாதிரியின் ஒப்பு உட்புகுதிறன் என்ன?

8. ஒரு பாயமானியின் மாறிலிகள் கீழ்க்கண்டவை :

காற்றிடைவெளி பாய அடர்த்தி	0·005 வெ/மீ^{2}
இயங்கு சுருளின் சுற்றுகள்	40
இயங்கு சுருளின் பரப்பு	7·5 செ.மீ^{2}

2 சதுர செ.மீ. பரப்பளவும், 10 சுற்றுகளும் உள்ள ஒரு துருவுச் சுருள் பாயமானியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. 0·05 வெ/மீ^{2} பாய அடர்த்தியுள்ள ஒரு சீரான புலனில் திருப்பப்படும்பொழுது, பாயமானியின் விலக்கத்தைக் கண்டு பிடிக்கவும்.

9. ஒரு பாயமானியை அளவீடு செய்ய நடத்தப்பட்ட சோதனையில் 700 சுற்றுகளும் 7 சதுர செ.மீ. பரப்பும் உள்ள துருவு சுருள்ச் பயன்படுத்தப்பட்டது. இத்துருவு சுருள், 1000 சுற்றுகளுடைய 2 மீ. நீளமுள்ள வரிச்சுருளின் மையத்தில் வைக்கப்பட்டது. இதில் 8 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் புரட்டப்பட்ட பொழுது பாயமானியில் 70 பிரிவுகள் விலக்கம் ஏற்பட்டது. பாயமானியின் ஒரு பிரிவுக்கான பாயத் தொடர்பைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

10. 8000 ஆம்பியர் சுற்றுசுகள் கொண்டு கிளரப்பட்ட ஒரு காந்தச் சுற்றின் காந்தத்தடை ·0015 அச் சுற்றின் பாயத்தை அளக்கப் பயன்படுத்தப்படும் பாயமானியின் அளவுத்திட்டம் 120 பிரிவுகள் உடையது. அப்பாயமானியில் ஒரு ஒரு பிரிவு விலக்கம் ஏற்பட தேவையான வெபர்கள் 15000. கீழ்க்கண்ட அளவுகளுள்ள துருவுச் சுருளுடன் இணைக்கப்படவேண்டிய இணைத்தடத்தின் மின்தடை என்ன ?

துருவு சுருள் சுற்றுகள்	1
துருவுச் சுருளின் மின்தடை	0·025 Ω.

துருவு சுருள் மற்றும் இணைத்தடத்தின் மின் தடைகள் பாயமானியின் மின் தடையுடன் ஒப்பிடுகையில் சிறியவை என்று தற்கொள்ளவும்.

11. 500 சுற்றுகளும், 5 சதுர செ.மீ. நீளமும் உள்ள துருவுச் சுருள் ஒரு பாயமானியுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. துருவுச்சுருள் 800 சுற்றுகளும் 100 செ.மீ. நீளமும் உள்ள வரிச்சுருளின் மையத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. 5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் புரட்டப்படும்பொழுது பாயமானியில் 25 அளவுத்திட்டப் பிரிவுகள் விலக்கம் ஏற்படுகிறது. பாயமானியில் ஒரு பிரிவு விலக்கம் ஏற்படத் தேவையான பாயத்தொடர்பைக் கண்டுபிடிக்கவும்.

8. பலவகைப்பட்ட கருவிகள்

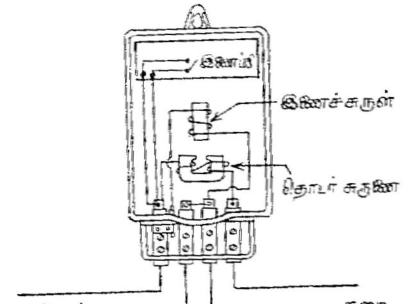
(Miscellaneous Instruments)

8·1. சென்ற அத்தியாயங்களில் பார்த்த அளவிகள் சாதாரண மாக மின் சுற்றுகளில் அதிகமாகப் பயன்படுபவை. அவை தவிர வேறு சில கருவிகளை இந்த அத்தியாயத்தில் பார்ப்போம்.

8·2. முன்பணம் செலுத்தும் அளவிகள் (Prepayment meters)

இவ்வகைக் கருவிகளில் ஒரு காசுப் பெட்டி இருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு காசுகளைப் போட்டால் குறிப்பிட்ட அளவு ஆற்றலைப் பயன்படுத்திக் கொள்ளலாம். குடியிருப்பவர்கள் அடிக்கடி மாறக்கூடிய இடங்களிலும், மின் ஆற்றலுக்கு பணம் செலுத்துவதில் தகராறு ஏற்படக்கூடிய இடங்களிலும் மற்றும் உபயோகிப்பவர் விரும்பும் இடங்களிலும் இவ்வகைக் கருவிகள் பயன்படுத்தப்படும்.

இவ்வகைக் கருவிகளில் சென்ற அத்தியாயத்தில் கூறப்பட்ட ஆற்றலளவிகளுள் ஒன்றும் பொதுத் தொலைபேசிகளில் உள்ளதைப்போன்ற ஓர் இயந்திர அமைப்பும் இருக்கும். இவ்வியந்திர அமைப்பு, குறிப்பிட்ட இடத்தில் காசு போடும் வரை மின்சாரம் மற்றும் ஆற்றலளவியை மின் சுற்றில் இணைக்காதவாறும், காசு போட்ட நேரத்திலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின் ஆற்றல் பயன் படும் வரை இணைத்தவாறும் இருக்கும். படம் 8·1-ல் இவ்வகைக் கருவி ஒன்றின் அமைப்பைக் காண்க.



படம் 8·1

ஒருநிலை முன்பணம் செலுத்தும் கருவி

இவ்வகைக் கருவிகளின் முக்கியத் தேவைகள் பின் வருமாறு.

(1) மின்சாரத்தை இணைக்கவும் வெட்டவும் செய்யும் இணைப்பி (switch) தொடுகை முனைகளை நன்ருகத் தொடவும், குறிப்பிட்ட ஆற்றல் பயன்படுத்தப்பட்ட உடன் பிரிக்கவும் வேண்டும்.

(2) அதிகாரப்பூர்வமற்ற நபர்கள் இக்கருவியைத் திறக்கவோ, மாற்றவோ, தவருக உபயோகிக்கவோ இயலாதவாறு இருக்க வேண்டும்.

(3) மின் ஆற்றல் விலையில் மாறுதல் ஏற்படும் பொழுது எளிதில் சீரமைக்கக் கூடியதாக இருக்கவேண்டும்.

(4) உள்ளே போடப்பட்ட காசுகளின் எண்ணிக்கை பதிவு செய்யப்பட வேண்டும்.

(5) ஒரு குறிப்பிட்ட பதிப்புடைய காசுகள் எண்ணிக்கையிலும் எடையிலும் எவ்வளவு இருந்தாலும் இயங்குமாறு இயந்திர அமைப்பு இருப்பது மிகவும் சிறந்தது.

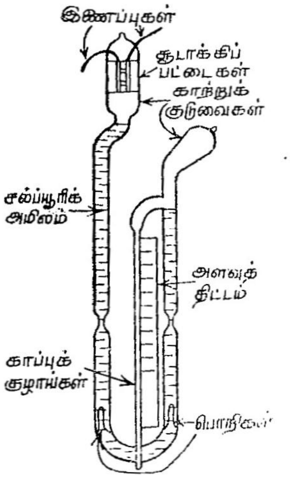
8·3. பெருமத் தேவை காட்டி (Maximum Demand Indicators)

மின்சாரம் உபயோகிப்பவர்களில் சிலர், சிற்சில சமயங்களில் மிக அதிகமான மின்திறனை பயன்படுத்துவார்கள். ஆகவே மின்சார உற்பத்தி நிலையங்கள் வழக்கமான சுமைக்கு ஏற்ப உற்பத்தி செய்தால் போதாது. திடீரென்று ஏற்படக் கூடிய அதிகத் தேவையை சமாளிக்க சில இயந்திரங்களை ஒதுக்கிவைக்க வேண்டியிருக்கிறது. இதனுல் மூலதனம் அதிகரித்து வட்டி மற்றும் மதிப்பிறக்கம் அதிகரிக்கிறது. ஆகவே திடீரென்று அதிகத்திறனைப் பயன்படுத்துபவர்கள் தனியாக சிறிது தொகை செலுத்துமாறு ஏற்பாடு செய்யப்படுகிறது. பெருமத் தேவை காட்டி இந்த தனித் தொகையைக் கணக்கிட உதவுகிறது.

இக்கருவிகள் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் (ஒரு மாதம், காலாண்டு அல்லது ஒரு ஆண்டு) பயன்படுத்தப்பட்ட உச்சத்திறனை (maximum power) காட்டும். உபயோகிப்பவர் செலுத்தவேண்டிய கட்டணம் இந்த உச்சதிறன் மற்றும் பயன்படுத்தப்பட்ட அலகுகள் (units) இவற்றைப் பொருத்து இருக்கும். இக்கருவிகள் ஒரு சில நொடி நேரம் ஏற்படும் தேவைகளைக் கணக்கிடக்கூடாது என்பதால், அரைமணி அல்லது ஒருமணி நேரத்தில் உபயோகிக்கப்பட்ட சராசரி திறனைப் பொருத்து உச்ச மதிப்பைக் காட்டுவதாக அமைவது இன்றியமையாதது.

பெருமத் தேவை காட்டிகளுள் மிகப் பழமையானது ரைட் பெருமத் தேவை காட்டியாகும் (Wright Maximum Demand

Indicator). இது உச்ச மின்னோட்டத்தைக் காட்டும். மின்னழுத்தம் (மற்றும் மாறு மின்சாரத்தில் திறன் கூறு) மாறிலியாகக் கொள்ளப் பட்டுள்ளது. இக்கருவியின் தத்துவம் படம் 8·2-ல் காண்க. இது அடிப்படையில் ஒரு வேறுபாட்டு வெப்பநிலைமானி (Differential Thermometer). இதில் ஒரு U வடிவக் கண்ணாடிக் குழாய் மேற்பகுதி இரு கண்ணாடிக் குமிழ்களால் மூடப்பட்டிருக்கிறது. ஒரு குமிழைச் சுற்றி மின்னோட்டம் பாயும். ஓர் உலோகச் சூடாக்கி (heater) இருக்கிறது. இது குமிழின் உள்ளே உள்ள காற்றைச் சூடாக்குகிறது. மற்றொரு குமிழுக்கு சற்று கீழே குழாயுடன் மற்றொரு கண்ணாடிக் குழாய் இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இக்கிளைக் குழாய் அருகே அளவுத் திட்டம் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. U குழாயில் சல்ப்யூரிக் அமிலம் (sulphuric acid) உள்ளது. காட்டி முதலில் பொருத்தப்படும் பொழுது வலது பக்கமுள்ள குழாய் கிளைக்குழாய் மட்டத்திற்கு சல்ப்யூரிக் அமிலத்தால் நிரப்பப்படுகிறது. மேற்கொண்டு காட்டிக் குழாயில் (index tube) பூச்சியக்குறிவரை நிரம்புமாறு அமிலம் சேர்க்கப் படுகிறது. சூடாக்கியின் வழியே மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது அது சூழ்ந்துள்ள குமிழிற்குள் உள்ள காற்று விரிவடைந்து வலது குழாயில் உள்ள சல்ப்யூரிக் அமிலத்தைக் காட்டிக் குழாயில் வழியச்செய்கிறது. வழியும் அமிலத்தின் அளவு மின்னோட்டத்தைப் பொருத்தது. மின்னோட்டம் குறைந்ததும் சூடாக்கி குளிர்கிறது. வலது குழாயில் அமிலத்தின் மட்டம் இறங்குகிறது. முன்பு பாய்ந்த மின்னோட்டத்தைவிட அதிக மின்னோட்டம் பாயும் பொழுதுதான் அமிலம் மேற்கொண்டு வழியும், ஆகவே காட்டிக்குழாயில் உள்ள அமிலம் ஒரு குறிப்பிட்ட கால அளவில் பாய்ந்த உச்ச மின்னோட்டத்தைக் காட்டுகிறது. குழாயில் உள்ள ஒடுக்கங்களும் (constrictions) கண்ணிகளும் (traps) காட்டியைத் திருப்பி அமைக்கும் பொழுது (resetting) ஒரு குடுவையிலிருந்து மற்றொரு குடுவைக்கு காற்று செல்லாதவாறு தடுக்கிறது. காட்டியைக் கவிழ்த்து, காட்டிக் குழாயிலுள்ள அமிலம் U குழாயில் பாயச்செய்து திருப்பி அமைக்கப் படுகிறது. சூடாக்கியின் வெப்பநிலை உயர்வதில் ஏற்படக்கூடிய காலதாமதத்தாலும், கண்ணாடியின் குறைந்த வெப்பக் கடத்துந்



படம் 8·2

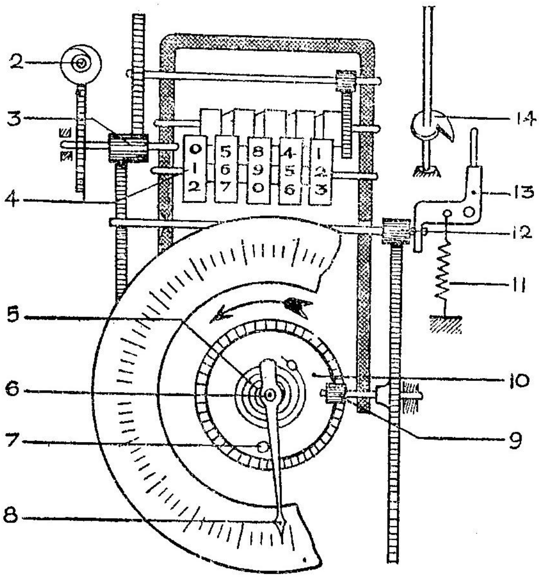
ரைட் பெருமத் தேவைக்காட்டி

திறனும் (thermal conductivity) மிகக் குறைந்த நேரம் பாய்கிற அதிக மின்னோட்டங்கள் பதிவு செய்யப்படுவதில்லை.

8·4. மெர்ஸ்-பிரைஸ் தேவைக்காட்டி (Merz-Price Demand Indicator)

இது எல்லாவிதமான மின்னோடி மற்றும் கடிகார அளவிகளுடன் பொருத்தக்கூடிய ஒரு சாதனமே ஆகும். முன் கூறிய கருவியைப் போல் இல்லாமல் இதை உச்ச மின்னோட்டம் அல்லது உச்சதிறன் இவ்விரண்டில் ஒன்றைப் பதிவு செய்ய பயன்படுத்தலாம்.

இக்கருவி வேலை செய்யும் விதம் பின்வருமாறு. கருவிக்குள் ஒரு தனி முகப்புத்தகடு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இதனுடைய குறிமுள் இயங்கமைப்பின் கதிரினால் செலுத்தப்படுகிறது. முகப்புத் தகடு ஒரு குறிப்பிட்ட நேரம் (வழக்கமாக அரைமணி நேரம்) இயக்கப்பட்ட பிறகு ஒரு சாதனம் முகப்புத் தகட்டின் இயந்திர சாதனத்தை பூச்சிய நிலைக்கு கொண்டுவருகிறது. ஆயினும்

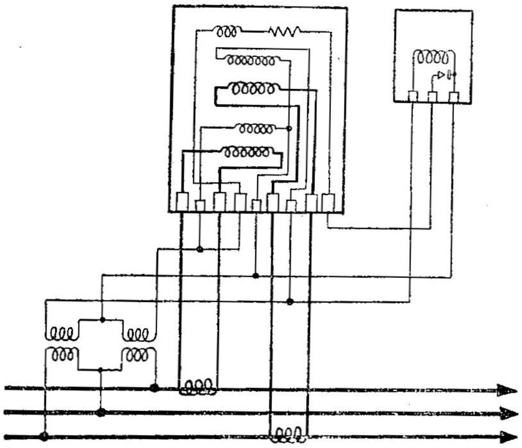


படம் 8·3
மெர்ஸ் பெருமத் தேவைக் காட்டி

குறிமுள் பூச்சியத்திற்குத் திரும்பிவராமல் தனிச் சாதனம் ஒன்றால் பிடித்துக் கொள்ளப்பட்டு அந்தக் குறிப்பிட்ட காலத்தில் பயன்

படுத்தப்பட்ட அலகுகளின் எண்ணிக்கையைக் காட்டுகிறது. அதற்குப்பின் வருகிற, அக்குறிப்பிட்ட கால அளவுகளில் பயன் படுத்தப்படும் அலகுகளின் எண்ணிக்கை அதிகரித்தாலொழிய குறி முள்ளின் நிலைமாருது. இவ்வாருக இக்கருவி பெருமத் தேவையைக் காட்டுகிறது.

இக்கருவியின் அமைப்பு படம் 8·3-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குறிமுள்ளை (8) ஆணி (7) ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்திற்கு முன்னேக்கி செலுத்துகிறது. அந்த நேரத்தில் பயன்படுத்தப்பட்ட அலகுகள் முகப்புத் தகட்டில் காட்டப்படுகிறது. குறிப்பிட்ட நேரத்திற்குப் பிறகு முனைப்புச் சக்கரம் (14) வணரியின் (13) உதவியால் சிறு பல் சக்கரத்தை (12) விலக்குகிறது. வில் (5) ஆணியை பூச்சிய நிலைக்கு வரச்செய்கிறது. குறிமுள் அந்த இடத்திலேயே இருக்கிறது. அடுத்த கால அளவில் ஆணி (7) முன்னேக்கி செலுத்தப்படுகிறது. ஆனல் இந்தக் கால அளவில் பயன்படுத்தப்பட்ட அலகுகள் முந்தைய கால அளவுகளில் பயன்படுத்தப் பட்டதைவிட அதிகமாக இருந்தால்தான் குறிமுள் நகர்த்தப்படும். ஆகவே குறிமுள் பெருமத் தேவையைக் காண்பிக்கின்றது.



படம் 8·4

பன்னிலை அளவி மற்றும் பெருமத் தேவைக் காட்டி இணைப்புகள்

படம் 8·4-ல் ஒரு பன்னிலை அளவி மற்றும் பெருமத் தேவை காட்டி இவைகளின் இணைப்பு காட்டப்பட்டுள்ளது.

8·5. அலைவெண் அளவிகள்

மூன்று வகை அலைவெண் அளவிகள் உள. அவையாவன:

(1) இயந்திர ஒத்திசைவைச் (mechanical resonance) சார்ந்திருக்கும் கருவிகள்.

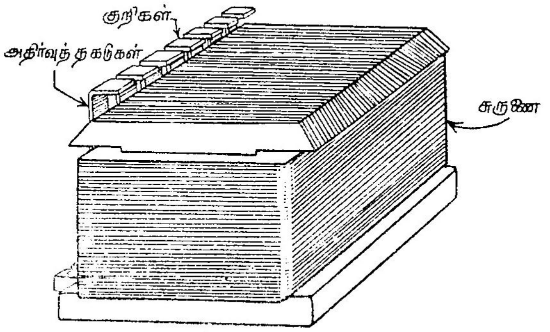
(2) மின் ஒத்திசைவைச் சார்ந்திருக்கும் கருவிகள்.

(3) அலைவெண்ணுடன் மின்மறுப்பு மாறுதலைச் சார்ந்திருக்கும் கருவிகள்.

இவ்வகைக் கருவிகள் ஒவ்வொன்றிலும் ஒரு மாதிரியைப் பார்ப்போம்.

8·6. அதிரும் அதிர்வுத் தகடு (reed) அலைவெண் அளவி

இது மேற்கூறிய முதல் வகையைச் சேர்ந்தது. படம் 8·5-ல் காட்டியுள்ளபடி ஒரு மின்காந்தத்தை ஒட்டி பல மெல்லிய அதிர்வுத்



படம் 8·5

அதிரும் அதிர்வுத்தகடு அலைவெண் அளவி

தகடுகள் உள்ளன. மின்காந்தம் தகட்டடுக்கால் ஆனது. இதன் சுருணை ஒரு மின்தடையுடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டு அலைவெண் அளக்கப்படவேண்டிய மின்னழுத்தத்திற்கு எதிராக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

அதிர்வுத் தகடுகள் ஏறத்தாழ 4 மி. மீ. அகலமும் $\frac{1}{2}$ மி. மீ. கனமும் உடையவை. ஆனால் இவையாவும் வெவ்வேறு அகலம், கனம் உடையவையாக இருக்கும். இவ்வேறுபாடுகள் அதிர்வுத் தகடுகளின் இயல் அலைவெண் (natural frequency) வேறுபாடுகளை உண்டாக்குகின்றன. அத்தகடுகள் இயல் அலைவெண்ணின் ஏறு வரிசையில் அடுக்கப்பட்டுள்ளன.

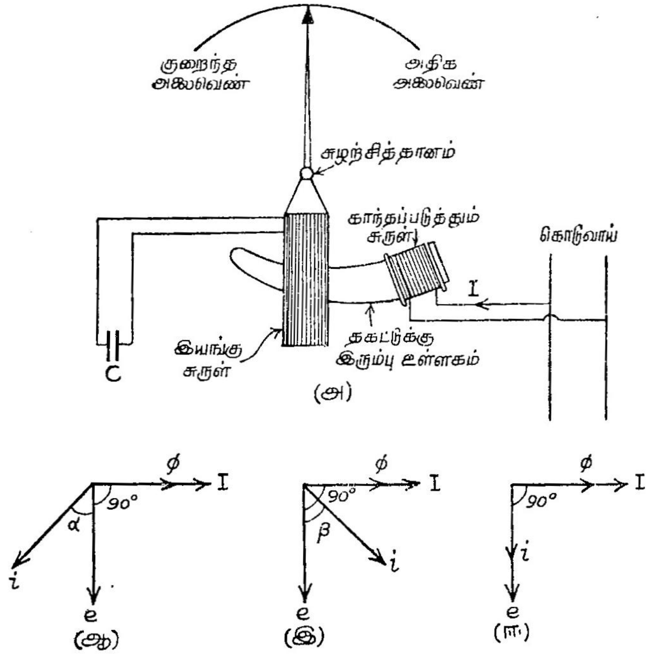
அளவி உபயோகத்தில் இருக்கும் பொழுது மின் காந்தத்தின் காந்தவியல் (magnetism) அலைவெண்ணுடன் இணைந்து மாறுகிறது. இது ஒவ்வொரு அரை அலைவிற்கு ஒரு முறை கவர்ச்சி விசையை

ஏற்படுத்துகிறது. எல்லா தகடுகளும் அதிர முயற்சிக்கின்றன. ஆனால் மின்னழுத்தத்தின் அலைவெண்ணுக்குச் சமமான இயல் அலைவெண் உடைய தகடு மட்டுமே நன்றாக அதிர இயந்திர ஒத்திசைவு ஏற்படுகிறது. அதிர்வுத் தகடுகளின் உச்சியில் உள்ள குறிகள் வெள்ளையாக வண்ணம் பூசப்பட்டுள்ளன. அதிகமாக அதிரும் குறியைக் கவனித்து மின்னழுத்த அலைவெண்ணைக் கண்டு கொள்ளலாம்.

இவ்வகைக் கருவிகளின் நெடுக்கம் பொதுவாக 6 அலைவுகள் இருக்கும். இவை காட்டும் காட்சிப் பதிவுகள் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தையோ, அலைவடிவத்தையோ சார்ந்திராது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

8·7. மின் ஒத்திசைவு அலைவெண் கருவிகள்

இக் கருவியின் அமைப்பு படம் 8·6-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



(அ)
(ஆ) (இ) (ஈ)

படம் 8·6

ஒத்திசைவு அலைவெண் அளவி

ஒரு தகட்டடுக்கு இரும்பு உள்ளத்தின் ஒரு முனை ஒரு காந்தச் சுருளால் சுற்றப்பட்டிருக்கிறது. இச்சுருள் கொடுவாய்க்கு எதிராக இணைக்கப்படுவதால் இதில் அளக்கப்படவேண்டிய அலைவெண்ணுடைய மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இவ்வுள்ளகத்தின் மேல் குறிமுள் இணைக்கப்பட்ட ஓர் இயங்கும் சுருள் அமைக்கப் பட்டுள்ளது. இவற்றின் மின்முனைகள் ஒரு தகுதியான மின் தேக்கியுடன் (C) இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

இதன் செயல்படும் விதம் அறிய நேரிய வரிப்பு 8·6 ஆ, இ, ஈ காண்க. இவற்றில்,

காந்தச் சுருளில் பாயும் மின்னோட்டம்	=	I
இரும்பு உள்ளகத்தின் பாயம்	=	ϕ
இயங்கும் சுருளில் மின்னோட்டம்	=	i
இயங்கும் சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னழுத்தம்	=	e

பாயம் ϕ, I யுடன் ஒரே நிலையில் இருப்பதாகவும், தூண்டப் பட்ட மின்னழுத்தம் e, பாயம் ϕ க்கு 90° பின்தங்குவதாகும் இயங்கும் சுருள் மின்சுற்று பெரும் தூண்டலுடையதாகவும் தற்கொண்டால், படம் 8·6 'ஆ' வில் i, e யை விட கோணம் $\propto$ பின் தங்குகிறது. ஆகவே இயங்குசுருளின் செயல்படும் சுழற்றுமை $I.ie$ கொசைன் $(90+\propto)$ வுக்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும். படம் 8·6 'இ' யில் மின் சுற்று அதிக மின் தேக்குத் திறன் உடையதாகக் கருதப்பட்டு i, e யை விட கோணம் β முன் நிற்கிறது. ஆகவே சுழற்றுமை $I.i.$ கொசைன் $(90-B)$வுக்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும். படம் 8.6 'ஈ' யில் இரு மின்மறுப்புகளும் சமம், அதாவது L மற்றும் . ஒரே நிலையில் உள்ளன என்று வைத்துக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. ஆகவே சுழற்றுமை $I.i.$ கொசைன் 90° க்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும். அதாவது பூச்சியமாகும்.

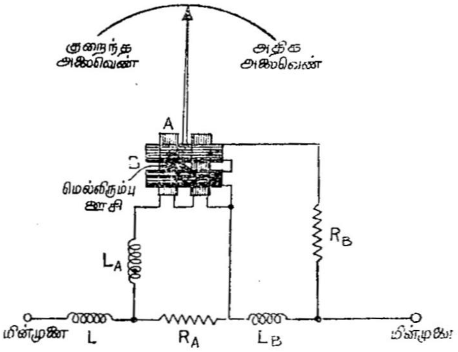
ஒரு குறிப்பிட்ட அலைவெண்ணில் மின்தேக்கு ·மின் மறுப்பு $\frac{1}{2\pi f c}$ மாறிலியாகும். மின் நிலைம மின் மறுப்பு $2\pi f L$ இயங்கு சுருளின் நிலையைப் பொருத்து இருக்கும். இயங்கு சுருள் காந்தச் சுருளுக்கு அருகேயிருந்தால் மின் நிலைமம் அதிகமாகும். இயங்கும் சுருள் $2\pi f L = \frac{1}{2\pi f c}$ என்று ஆகும் வரை காந்தச்சுருளை நோக்கி இழுக்கப்படும். இந்நிலையில் சுழற்றுமை பூச்சியம். இந்நிலையில் இயங்கும் சுருளின் மின்சுற்று ஒத்திசைவில் உள்ளது.

அலைவெண் சாதாரண எண்ணிக்கையாக இருக்கும்பொழுது இயங்கு சுருள் ஒரு நடு நிலையில் இருக்குமாறு மின்தேக்கி C

எடுத்துக் கொள்ளப்படும். அலைவெண் உயரும்பொழுது $\frac{1}{2\pi fc}$ குறைகிறது. சுருள் உள்ளகத்தை எதிர்த்து நகருகிறது. அதன் மின்மறுப்பு குறைந்து $2\pi fL$, $\frac{1}{2\pi fc}$ க்கு சமமாக இருக்கும் நிலையில் நிலையாக நிற்கிறது. அலைவெண் குறையும் பொழுது சுருள் உள்ளகத்தை நோக்கி நகருகிறது.

8·8. வெஸ்டன் (Weston) அலைவெண் அளவி.

இது மூன்ருவது வகையைச் சேர்ந்தது. இது ஒரு இயங்கிரும்புக் கருவி வகை. இதனுடைய அமைப்பும் இணைப்புகளும் படம் 8·7-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் இரு நிலையான சுருள்கள்



படம் 8·7

வெஸ்டன் அலைவெண் அளவி

A மற்றும் B இரு சம பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. இச்சுருள்களுக்கு நடுவே மையத்தானம் அமையுமாறு நீள, மெல்லிய ஒரு மெல்லிரும்பு ஊசி உள்ளது. ஊசியைத் தாங்கும் கதிருடன் ஒரு குறிமுள் மற்றும் ஒடுக்கல் இதழ்கள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கட்டுப்படுத்தும் சாதனம் எதுவும் இல்லை என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.

சுருள் A ஒரு மின் நிலைமம் L_A உடன் தொடராகச் சேர்ந்து தூண்டல் இல்லாத மின்தடை R_A க்கு எதிராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சுருள் B மின் தடை R_B உடன் தொடராகச் சேர்ந்து ஒரு மின் நிலைமம் L_B க்கு எதிராக இணைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மினேட்டத்தின் அலைவடிவத்திலுள்ள கிளையலைகளை (harmonics)

சுருள்கள் A மற்றும் B இவற்றிலுள்ள மின்னேட்டத்தைப் பொருத்து மெல்லிரும்பு ஊசி ஒரு நிலையை அடைகிறது. அலைவெண்

அதிகரித்தால், R_A யின் மின்மறுப்பு அதிகரிக்க சுருள் Aயில் மின்னோட்டம் குறைகிறது. அதே சமயம் சுருள் Bயில் மின்னோட்டம் அதிகரிக்கின்றது. ஆகவே சுருள் Bயின் அச்சுக்கு ஏறத்தாழ இணையாக இருக்குமாறு ஊசி நகருகிறது. ஆகவே, குறிமுள்ளும் அதிக அலைவெண் குறிக்குமாறு நகருகிறது. அலைவெண் குறைந்தால் ஊசி எதிர்த்திசையில் நகருகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 8·1

ஒரு மின் ஒத்திசைவு அலைவெண் அளவியில் இரு மின்சுற்றுகளிலும் மின் நிலைமமும், மின் தேக்குத்திறனும் உள்ளன. ஒரு மின் சுற்றில் மின் தேக்குத்திறன் $C_1 = 1$ மை. பா. $R_1 = R_2$. 50 அலைவுகளில் இரு மின்சுற்றுகளிலும் ஒரே அளவுள்ள மின்னோட்டம் பாய வேண்டும். L_2 மற்றும் C_2 ஆகியவைகளை கீழ்க்கண்ட ஒத்திசைவு அலைவெண்களில் கண்டுபிடி.

$f_1 = 60$ அலைவு ; $f_2 = 40$ அலைவு.

தீர்வு

மின்சுற்று ஒன்றின் ஒத்திசைவு 60 அலைவுகளில்

$$\therefore \quad 2\pi \times 60 \times L_1 = \frac{1}{2\pi \times 60 \times C}$$

$$= \frac{1}{2\pi \times 60 \times 1 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore \quad L_1 = \frac{1}{4\pi^2 \times 60^2 \times 10^{-6}} \text{ ஹெ.}$$

50 அலைவுகளில் :

மின் சுற்று ஒன்றின் மின் மறுப்பு

$$= 2\pi \times 50 \times L_1 - \frac{1}{2\pi \times 50 \times}$$

$$= 2\pi \times 50 \times \frac{1}{4\pi^2 \times 60^2 \times 10^{-6}} - \frac{1}{2\pi \times 50 \times 1 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{50^2 \quad - \quad 60^2}{2\pi \times 60 \times 50 \times 10^{-6}}$$

$$= - \frac{1100}{2\pi \times 60^2 \times 50 \times 10^{-6}}$$

மின் சுற்று இரண்டின் மின் மறுப்பு

$$= 2\pi \times 50 \times L_2 - \frac{1}{2\pi \times 50 \times C_2}$$

இம்மின் சுற்றின் ஒத்திசைவு அலைவு 40.

$$\therefore \quad 2\pi \times 40 \times L_2 = \frac{1}{2\pi \times 40\, C_2}$$

$$\therefore \quad C_2 = \frac{1}{4\pi^2 \times 40^2 \times L_2}$$

∴ மின் சுற்று இரண்டின் மின் மறுப்பு

$$= 2\pi \times 50 \times L_2 - \frac{4\pi^2 \times 40^2 \times L_2}{2\pi \times 50}$$

$$= 2\pi\, L_2 \times \left[50 - \frac{40^2}{50}\right]$$

$$= 2\pi\, L_2 \times \left[\frac{50^2 - 40^2}{50}\right]$$

$$= 2\pi\, L_2 \times \frac{900}{50}$$

$$= 36\pi\, L_2$$

50 அலைவுகளில் மின்தேட்டம் சமம் ; $R_1 = R_2$

∴ மின் மறுப்புகள் எண்மதிப்பில் சமம்

$$\therefore \quad 36\pi\, L_2 = \frac{1100}{2\pi \times 60^2 \times 50 \times 10^{-6}}$$

$$L_2 = \frac{1100}{2\pi^2 \times 36 \times 60^2 \times 50 \times 10^{-6}}$$

$= 8{\cdot}6$ ஹெ.

$$\therefore \quad C_2 = \frac{1}{4\pi^2 \times 40^2 \times 8{\cdot}6}$$

$= 1{\cdot}85 \times 10^{-6}$ பா

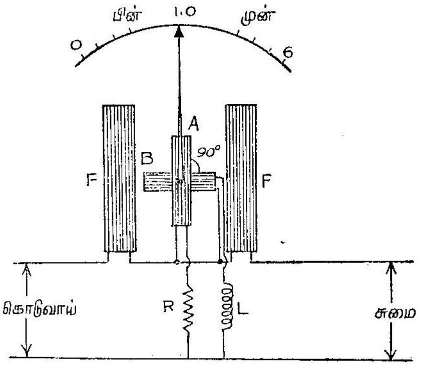
$= 1{\cdot}85$ மை. பா.

8·9 திறன் கூறு அளவிகள் (Power Factor Meters)

திறன், மின்தேட்டம் மற்றும் மின்னழுத்தம் இவைகளைப் பயன் படுத்தி திறன் கூறு கணக்கிடப்படுவதற்குப் பதிலாக இவ்வளவிகள் கொண்டு திறன்கூறு நேராக அளக்கலாம். திறனளவிகளைப் போலவே இவ்வளவிகளிலும் மின்னழுத்த மற்றும் மின்தேட்டச் சுருள்கள் உள்ளன. மின்தேட்டச் சுருளில் திறன்கூறு அளக்கப்பட வேண்டிய மின்தேட்டமோ அல்லது அதன் ஒரு பகுதியோ பாய்கிறது. மின்னழுத்தச் சுருள் தூண்டலுடையதாக ஒரு பகுதியும் தூண்டலற்றதாக ஒரு பகுதியும் ஆக இரு பகுதிகள் இணையாக (parallel) இணைக்கப்பட்டிருக்கும் அளவியின் விலக்கம் (deflection) இரு சுருள்களிலும் பாயும் மின்தேட்டங்களின் நிலை வேறுபாட்டைப் பொருத்து இருக்கும்.

8·10 இயங்களவி வகை ஒரு நிலைத் திறன்கூறு அளவிகள்

இக்கருவியின் அமைப்பு படம் 8·8-ல் காண்க. இரு நிலைச்



படம் 8·8

ஒரு நிலை இயங்களவி வகை திறன்கூறு அளவி

சுருள்கள் FFல் திறன்கூறு அளக்கப்பட வேண்டிய மின்சுற்றின் மின்னோட்டம் பாயும். இச்சுருள்கள் ஏற்படுத்தும் காந்தப்புலன் இம் மின்னோட்டத்திற்கு விகிதச் சமத்தில் இருக்கும். ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ள இரு சுருள்கள் A மற்றும் B, அவற்றின் சுழற்சித்தானம் இரு நிலைச் சுருள்களுக்கிடையே அமையுமாறு உள்ளன. இந்த இயங்கும் சுருள்களுடன் ஒரு குறி முள்ளும் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. A, B இரு சுருள்களின் எண்ணிக் கையும், அளவுகளும் ஒன்றுகவே இருக்கின்றன. 90° நேர நிலை (time phase) வேறுபட்டுள்ள சமமான இரு மின்னோட்டங்கள் A, B வழியே செலுத்தப்பட்டால், நேரத்திலும் (in time) இடத்திலும் (in space) 90° வேறுபட்ட, ஆனால் ஒரே வலிமையுள்ள இரு காந்த புலன்களை ஏற்படுத்துகின்றன. மின்தடை R மற்றும் மின் நிலைமம் L இவை இரண்டும் முறையே சுருள் A மற்றும் B யுடன் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. R, L இவைகளின் மதிப்பு, அலைவெண் இயல்பான மதிப்புடையதாக இருக்கும்பொழுது இரு மின்னோட்டங் களும் சமமாக இருக்குமாறு எடுத்துக் கொள்ளப்படும். மற்ற அலைவெண்களில் இரு மின்னோட்டங்களும் வேறுபடும். ஏனெனில் சுருள் A யின் மின்னோட்டம் அலைவெண்ணைச் சார்ந்திராது ; சுருள் B யின் மின்னோட்டம் அதன் மின்மறுப்பு அலைவெண்ணைப் பொருத்து இருப்பதால் வேறுபடும்.

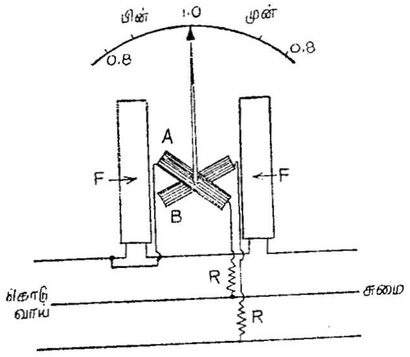
சுருள் A மற்றும் B யிலுள்ள இரு மின்னோட்டங்களும் 90° நிலை வேறுபாடுகள் உள்ளதாகக் கொள்வோம். அளக்கப்பட வேண்டிய

திறன்கூறு ஒன்று எனவும் வைத்துக் கொள்வோம். சுருள் A யின் மின்னேட்டம் சுருள்கள் FFன் மின்னேட்டத்துடன் ஒரே நிலையில் இருக்கும். ஆனல் சுருள் B யின் மின்னேட்டம் 90° மின் தங்கி இருக்கும். ஆகவே சுருள் A யில் ஒரு சுழற்றுமை ஏற்பட்டு அதை சுருள்கள் FFக்கு செங்குத்தாகத் திருப்பும். சுருள் B யில் சுழற்றுமை ஏற்படாது. இயங்கமைப்பு படத்தில் காட்டிய நிலையை அடையும்.

மின் சுற்றின் திறன்கூறு பூச்சியமானல், சுருள் B மற்றும் A ஆகியவற்றின் மின்னேட்டங்கள் சுருள்கள் FFன் மின்னேட்டத்துடன் முறையே ஒரே நிலையிலும் 90° வேறுபட்டும் இருக்கும். ஆகவே இயங்கமைப்பு, சுருள் B சுருள் FFன் அச்சுக்கு செங்குத்தாக இருக்குமாறு நகரும். மற்ற திறன்கூறுகளுக்கு இயங்கமைப்பு நடுவிலுள்ள நிலைகளை அடையும். திறன்கூறு கொசைன் ϕ, அதாவது நிலைக்கோணம் ϕ ஆனல், குறிமுள் நிலைச் சுருள்களின் அச்சுடன் $(90-\phi)°$ல் இருக்கும். இக்கருவியில் கட்டுப்படுத்தும் சுழற்றுமை இல்லை என்பதைக் கவனிக்க.

8·11. சமநிலை முன்னிலைச் சுமைகளுக்கான இயங்களவி வகைத் திறன்கூறு அளவி

இக்கருவியின் இணைப்பை படம் 8·9-ல் காண்க. இரு இயங்கும் சுருள்களும் 120° கோண வேறுபாட்டில் அமைக்கப்பட்டு, இரு வேறு சோடி மின்வழிகளுக்கு எதிராகவும், நிலைச் சுருள்கள் மூன்ருவது மின்



படம் 8·9

முன்னிலை, சமநிலைச் சுமைக்கான திறன்கூறு அளவி

வழியிலும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் நிலைக் வேறுபாட்டை செயற்கையாக உண்டாக்கத் தேவை இல்லை. ஒருமைத் திறன்கூறு நிலையிலிருந்து குறிமுள் விலகும் கோணமே மின்சுற்றின் நிலைக் கோணமாகும்.

8·12. இயங்கிரும்புத் திறன்கூறு அளவிகள்

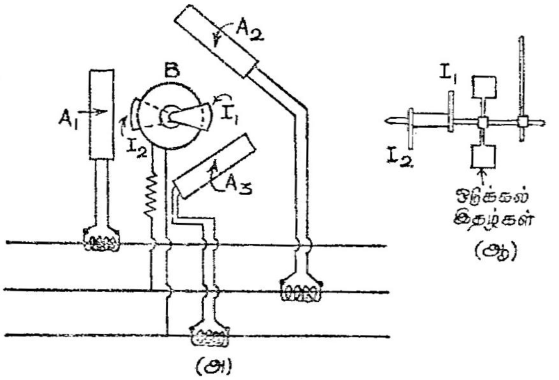
முன் கூறப்பட்ட கருவிகளைவிட இவ்வகைக் கருவிகளே மிக அதிகமாக உபயோகத்தில் உள்ளன. இவற்றின் அனுகூலங்களாவன :

1. அதிகமான செயல்படும் விசைகள்
2. சுருள்கள் நிலையானவை
3. அளவுத் திட்டம் 360° வரை இருக்கக்கூடும்.

ஆனால், இவை அவ்வளவு துல்லியமாக அளக்கக்கூடியவை ஆகா. இவ்வகைக் கருவிகளில் இரண்டினைப் பார்ப்போம்.

8·13. இயங்கிரும்புச் சுழலும் புலன் வகை

இவ்வகை அளவி ஒன்றை படம் 8·10-ல் காண்க. இவை சமநிலை முன்னிலைச் சுமைக்கானவை. முன்னிலை மின்வாயுடன்



(அ) (ஆ)

படம் 8·10

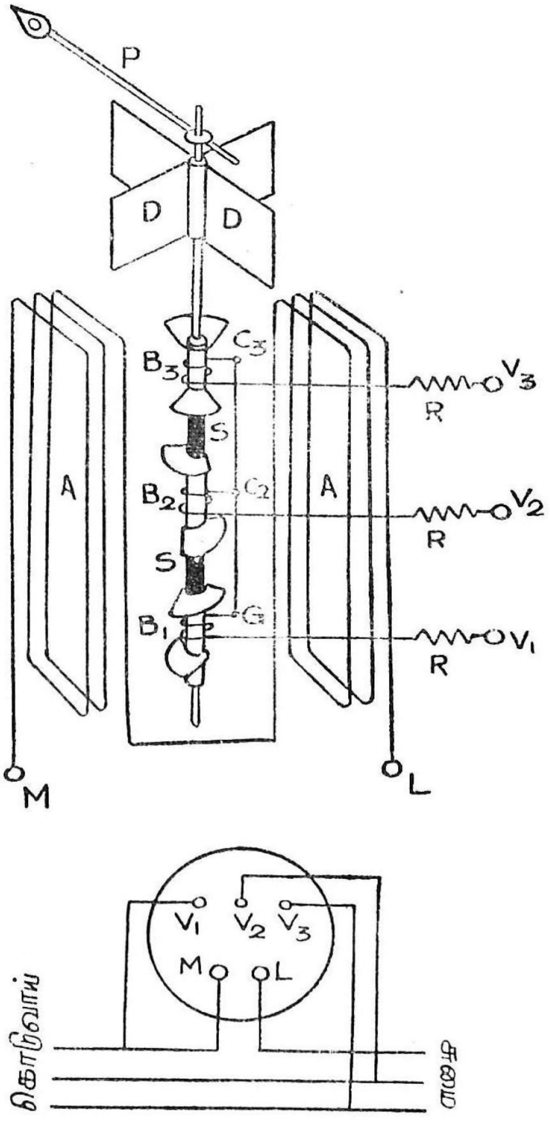
முன்னிலை சமநிலைக்கான சுழலும் புலன் வகை திறன்கூறு அளவி

(mains) மின்மாற்றிகள் மூலமாக சுருள்கள் A_1, A_2 மற்றும் A_3 இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவை ஒரு சுழலும் புலனை ஏற்படுத்துகின்றன. சுருள் B ஒரு மின்தடையுடன் தொடர்ந்தும், இரு மின்வழிகளுக்கு எதிராகவும் இணைக்கப்பட்டு அமைப்பின் நடுவில் உள்ளது. சுருள் B-க்குள் கால் வட்டப்பகுதி வடிவமான இரும்புத் துண்டுகள் முனைகளில் இணைக்கப்பட்டுள்ள இரும்புத் தடி ஒன்று உள்ளது. அதே கதிரில் ஒடுக்கல் இதழ்களும் குறிமுள்ளும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கட்டுப்படுத்தும் விசை உண்டாக்கும் சாதனம் எதுவும் இல்லை.

இயங்கமைப்பில் ஒரு மாறுபாயம் உள்ளது. இவ்வமைப்பு ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையை அடைகிறது. இந்நிலைச் சுருள் B யின் மின்னோட்டம் மற்றும் சுருள் A யின் மின்னோட்டம் இவற்றிற்கான நிலை வேறுபாட்டைப் பொருத்திருக்கிறது. இயங்கமைப்பின் விலக்கம் ஏறத்தாழ முன்னிலை மின்சுற்றின் திறன்கூறு கோணத்திற்குச் சமமாக இருக்கும்.

8·14. நால்டர்-லிப்மன் (Nalder-Lipman) திறன்கூறு அளவி

இவ்வகை முன்னிலைக் கருவியில் மூன்று இயங்கிரும்புகள் உள்ளன. இவைகள் ஒன்றுக்கு மேல் ஒன்ருக் படம் 8·11-ல் காட்டியுள்ளபடி ஒரே கதிரில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இவை ஒவ்வொன்றும் ஒரு சோடி கால்வட்டப் பகுதிகளாகவும், காந்தப்படுத்தப்பட முடியாத துண்டுகளால் பிரிக்கப்பட்டும் உள்ளன. இம்மூன்று சோடிகளும் ஒன்றுக்கொன்று 120° விலகி இருக்குமாறு அமைந்துள்ளன. இவ்விரும்புகள் முன்னிலை மின்னழுத்தத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மூன்று மின்னழுத்தச் சுருள்களால் காந்தப் படுத்தப்படுகின்றன. மின்னோட்டச் சுருள் ஒரு மின் வழியுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இச்சுருள் இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு ஒன்றுக்கொன்று இணையாக இயங்கமைப்பின் இரு புறங்களிலும் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இயங்கமைப்பின் கதிருடன் ஒரு குறிமுள்ளும் ஒடுக்கல் இதழும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 8·11

இயங்கிரும்பு திறன்கூறு அளவி

மின் இணைப்பு கொடுக்கப்பட்ட உடன் இயங்கமைப்பு, மின்னோட்டச் சுருள் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்வழியால் காந்தப்படுத்தப்படும் இரும்புத் துை ஏற்படும் சுழற்றுமை மற்ற இரண்டிலும் ஏற்படும் சுழற்றுமை

செய்து தொகுபயன் சுழற்றுமை பூச்சியமாகும் நிலைக்குத் திரும்பும். இந்த நிலையில் அந்த ஒற்றை இரும்புத் துண்டின் விலக்கம், முன்னிலை மின்சுற்றின் மின்னோட்டம் மற்றும் மின்னழுத்தம் ஆகியவைகளுக்கு இடையேயான நிலைக் கோணத்திற்குச் சமமாகும்.

இவ்வகைக் கருவிகள் அலைவெண், மின்னழுத்தம் மற்றும் அலை வடிவம் ஆகியவற்றில் ஏற்படும் மாறுதல்களால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள கருவி சமநிலை முன்னிலைச் சுமைக்கு ஏற்றது. ஆயினும் இதில் தகுந்த மாற்றங்கள் செய்வது மூலம், சமனற்ற முன்னிலை மின்சுற்றிலும், இருநிலை மற்றும் ஒரு நிலை மின்சுற்றுகளிலும் பயன்படுத்த இயலும்.

8·15. இணக்கங் காட்டிகள் (Synchroscopes)

இணையாக செயல்பட வேண்டிய இரு மாறு மின்னாக்கிகளை இணைக்குமுன் கீழ்க்கண்டவைகளை உறுதிப்பதித்திக்கொள்ள வேண்டியது அவசியம்.

1. இரு மின்னாக்கிகளின் மின்னழுத்தம் அவற்றின் எண் மதிப்பில் ஒன்ருக இருக்க வேண்டும்.

2. அம் மின்னழுத்தங்கள் நிலையில் நேர் எதிராக இருத்தல் வேண்டும்.

3. அவைகளின் அலைவெண் ஒன்ருக இருக்கவேண்டும்.

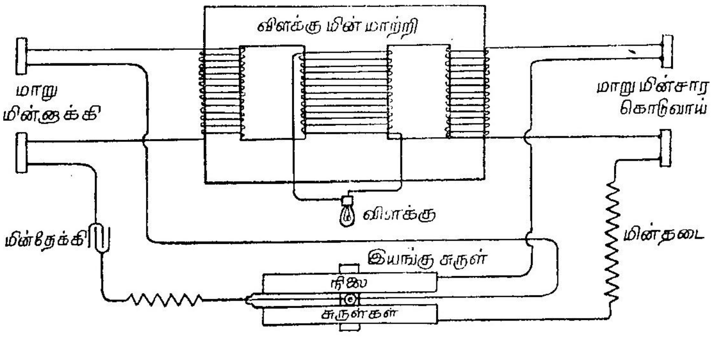
மேற்கூறியவைகளை உறுதிப்படுத்தும் கருவிகளே இணக்கங் காட்டிகளாகும். இவை இயங்களவி வகையாகவோ இருக்கக் கூடும். இவற்றுள் இயங்கிரும்பு வகையே மிக அதிகமாகப் புழக்கத்தில் உள்ளன. இவ்விருவகைக் கருவிகளிலும் ஒவ்வொரு மாதிரியைப் பார்ப்போம்.

8·16. வெஸ்டன் இணக்கங்காட்டி

இது ஒரு இயங்களவி வகைக் கருவி. இதனமைப்பு, இவ்வகை ஒரு நிலை திறனளவியைப் போன்றதே ஆகும். ஆனுல் இவற்றில் நிலை மற்றும் இயங்கும் சுருள்கள் குறைந்த மின்னோட்டங்களுக்கு திட்ட அமைப்பு செய்யப்பட்டுள்ளன. நிலைச்சுருள் ஒரு மின் தடையுடன் தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்டு ஒரு மாறு மின்னாக்கியின் மின் முனைகளுடனும், இயங்கும் சுருள் ஒரு மின்தேக்கியுடன் மற்ருெரு மாறு மின்னாக்கியின் மின்முனைகளுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

இவ்விரு சுருள்களின் மின்னோட்டங்கள் 90° நிலை வேறுடன் இருந்தால், இயங்கமைப்பில் விலக்கும் சுழற்றுமை இராது. அந்த நிலையில் கருவி இணக்கத்தைக் காட்டும்,

ஆனால் இரு மின்னாக்கிகளும் இணக்கத்தில் இருந்தாலும். இணக்கத்தைவிட்டு 180° விலகி இருந்தாலும் மின்னோட்டங்கள் 90° நிலை வேறுபட்டு இருக்கும். ஆகவே படம் 8·12-ல் காட்டியுள்ளபடி



படம் 8·12

வெஸ்டன் இணக்கங்காட்டி

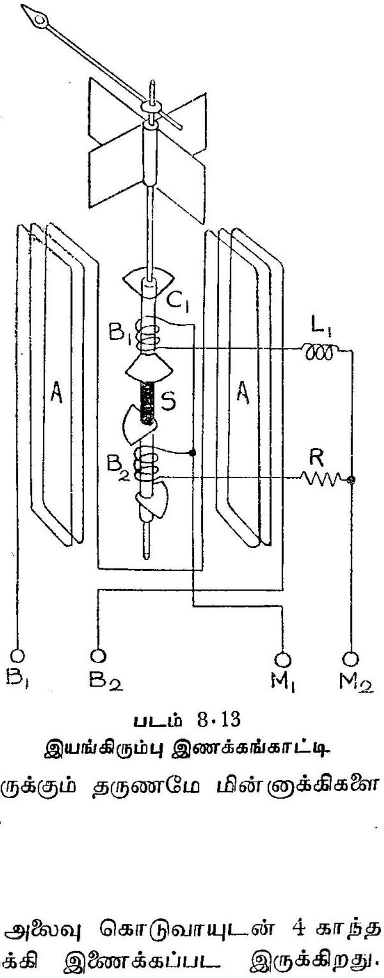
ஒரு இணக்கங்காட்டி விளக்கு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னாக்கிகள் இணக்கத்தில் இருக்கும்பொழுது உச்சப் பொலிவுடன் (brightness) இருக்கும். மின்னாக்கிகள் இணக்கத்தை விட்டு 180° விலகி இருக்கும்பொழுது பொலிவற்று இருக்கும். இதைக் காட்ட ஒரு தனிவகை மின்மாற்றியும் விளக்கும் பயன்படுத்தப்படும். அம் மின்மாற்றி இரு முதன்மைச் சுருள்களுடையது. இவ்விரு சுருள்களும் இரு மாறுமின்னாக்கிகளுடனும் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. விளக்கு துணைச் சுருள்களுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

இக்கருவியின் முகப்புத் தகடு கண்ணாடியால் ஆனது. மைய நிலைக்கு இருபுறங்களிலும் 'குறைந்த வேகம்', 'அதிக வேகம்' என்று குறிக்கப்பட்டிருக்கும். குறிமுள் மையத்தில் இருப்பதே சரியான இணக்கத்தைக் காட்டுவதாகும். அப்போது விளக்கும் உச்ச பொலிவுடன் இருக்கும். இரு மின்னாக்கிகளின் அலைவெண்களும் சமமானால் இந்த நிலையில் குறிமுள் நிலையாக இருக்கும். சமமாக இல்லாவிடில் குறிமுள் மையநிலையை ஒட்டி அலையும்.

8·17 இயங்கிரும்பு வகை

பொதுவாக, பழக்கத்தில் உள்ள இவ்வகைக் கருவி லிப்மன் (Lipman) இணங்கக்காட்டியாகும். இது அமைப்பில் லிப்மன் திறன்கூறு அளவியை ஒத்திருக்கும். இதில் திறன்கூறு அளவியில் உள்ளதைப்போன்ற இரு இரும்புத்துண்டுகள் ஒரே கதிரில் ஏற்றப்

பட்டுள்ளன. படம் 8·13 காண்க. திறன்கூறு அளவியில் இரு பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டிருந்த மின்னோட்டச் சுருள், இதில் ஒரு தூண்டலற்ற மின் தடையுடன் தொடர்ந்து இணைக்கப்பட்டு ஒரு மின்னாக்கியின் மின்முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒரு மின்னழுத்தச் சுருள் ஒரு மின் நிலைமத்துடனும் தொடர்ச்சியாக இணைக்கப்பட்டு இவ்விரு தொடர்களும் மற்றொரு மின்னாக்கியின் மின்முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 8·13
இயங்கிரும்பு இணக்கங்காட்டி.

இயங்கும் சுருள்களின் மாறு புலனில் அலைவெண், அதாவது ஒரு மாறு மின்னாக்கியின் அலைவெண் மற்றொரு மாறு மின்னாக்கியின் அலைவெண்ணுக்குச் சமமாக இல்லாவிடில் இக்கதிர் ஒரு நொடியில் சுழலும் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை அலைவெண்களின் வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும். இது சுழலும் திசை எந்த மின்னாக்கி வேகமாகச் சுழல்கிறது என்பதைப் பொருத்து இருக்கும். குறிமுள் மைய அல்லது பூச்சிய நிலையில் இருக்கும் தருணமே மின்னாக்கிகளை இணைக்கவேண்டிய தருணமாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 8·18

ஒரு நிலை மின்னழுத்த, 50 அலைவு கொடுவாயுடன் 4 காந்த முனை, முன்னிலை மாறு மின்னாக்கி இணைக்கப்பட இருக்கிறது. இணக்கங்காட்ட பயன் படுத்தப்படும் ஒரு இணக்கங்காட்டியின் குறிமுள் 'அதிவேகம்' என்று குறித்துள்ள திசையில் மணித்துளிக்கு 10 சுற்றுகள் என்ற கணக்கில் சுழல்கிறது. மாறு மின்னாக்கியின் வேகம் என்ன ?

தீர்வு

மாறு மின்னாக்கியின் அலைவெண் f எனக் கொள்ளவும்.

$$f-50=\frac{10}{60}\;(\because \text{மாறு மின்னுக்கி வேகமாகச் சுழல்கிறது})$$

$$\therefore\; f=50+\frac{1}{6}=50\frac{1}{6}$$

$$\text{மாறு மின்னுக்கியின் வேகம்} = \frac{120f}{P}=\frac{120\times 50\frac{1}{6}}{4}$$

$$=\frac{120\times 301}{4\times 6}$$

$$=1505 \text{ சுற்றுகள்/ மணித்துளி.}$$

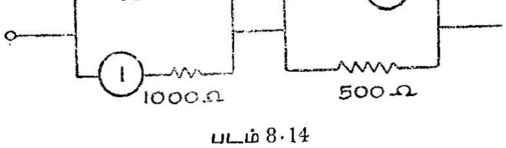
பயிற்சி 8

1. ஒரு மின் ஒத்திசைவு அலைவெண் அளவியின் இரு மின் சுற்றுகளிலும் மின் நிலைமமும், மின் தேக்குதிறனும் உள்ளன. ஒரு மின்சுற்றில் மின்தேக்கு திறன் $C_1=1$ மை பா. $R_1=R_2$. 50 அலைவுகளில் இரு மின்சுற்றுகளிலும் ஒரே அளவுள்ள மின்னோட்டம் பாயவேண்டும். L_2 மற்றும் C_2 ஆகியவைகளைக் கீழ்க் கண்ட ஒத்திசைவு அலைவெண்களில் கண்டுபிடி.

$f_1=52$ அலைவு ; $f_2=48$ அலைவு

2. ஒரு மின் ஒத்திசைவு அலைவெண் அளவி ஒவ்வொன்றிலும் மின்தடை (R), மின்நிலைமம் (L) மற்றும் மின் தேக்குதிறன் (C) உள்ள இரு இணை மின் சுற்றுகள் உடையது. ஒரு மின்சுற்றில் ஒத்திசைவு அலைவெண் 60 ஆக இருக்கும் பொழுது $C=1$ மை.பா ; $R=100\Omega$. மற்றொரு மின்சுற்றில் $C=1{\cdot}5$ மை.பா ; $R=100\Omega$. 50 அலைவு, அலைவெண்ணில் இரு மின்சுற்றுகளிலும் மின்னோட்டங் கள் ஒன்றாக இருக்க இரண்டாவது மின்சுற்றின் மின்நிலைமம் என்ன? அதன் ஒத்திசைவு அலைவெண் என்ன?

3. படம் 8·14 ஒரு வெஸ்டன் வகை அலைவெண் அளவியை 50 அலைவுகளில் குறிக்கிறது என்று வைத்துக்கொள்க. அலைவெண் 5% குறைவாக இருக்கும் பொழுது ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ள சுருள்கள் 1 மற்றும் 2 ஆகியவை களில் ஏற்படும் மின்னோட்ட மாறுதலைச் சதவிகிதத்தில் கண்டுபிடிக்கவும்.



படம் 8·14

4. இரு 440 வோல்ட் மாறு மின்னுக்கிகளை இணைக்க ஒருநிலை இணக்கங் காட்டி பயன்படுத்தப்படுகிறது.

ஒரு மாறு மின்னுக்கியின் அலைவெண் 50. மற்றொன்றின் அலைவெண் 50·5. இணக்கங்காட்டியின் குறிமுள் என்ன வேகத்தில் சுழலும் ? இணக்கங்காட்டிக்குப் பதிலாக விளக்கு பயன்படுத்தப்பட்டால் எத்தனை தடவை அது அணைந்து, ஒளி விடும் ?

5. ஒரு 6 காந்தமுனை மாறு மின்னுக்கி A ஒரு மணித்துளிக்கு 900 சுற்றுகள் என்ற கணக்கில் சுழல்கிறது. அதனுடன் 4 காந்த முனை மாறுமின்னுக்கி Bயை இணைக்க இணக்கங்காட்டி பயன்படுத்தப்படுகிறது. இணக்கங்காட்டி ஒரு மணித்துளிக்கு 30 சுற்றுகள் சுற்றுகிறது. Bயின் வேகத்தைக் குறைக்க இணக்கங் காட்டியின் வேகம் குறைகிறது என்றால், மாறுமின்னுக்கி Bயின் தற்போதைய வேகம் என்ன ?

விடைகள்

பயிற்சி 1

1. 795·6 ஆம்பியர் சுற்றுகள்/மீட்டர் ; 0·05 வெபர்/சதுர மீ.
2. கவர்ச்சி விசை 20·4 கி. கிராம்/மீட்டர்
3. 20·032 செ.மீ.
4. 377 மணி நேரம் ; 0·254 கிவாம
5. 35,400 நியூடன்கள்
6. கனம் 0·021 செ.மீ. ; நீளம் 19·4 செ.மீ.
7. 0·0805 கிராம்—செ.மீ.

பயிற்சி 2

1. 24,997 ஓம்கள் ; 14·4 வாட்டுகள்
2. 248 வோல்ட்கள் ; 0·1 μ பா.
3. 9660 ஓம்கள்
4. $6 \cdot 3 \times 10^{-6}$ நியூ. மீ.
5. 0·08, 0·571, 1·091, 1·6, 2·04, ஆரையன்கள்
6. (அ) 148·15 வோ ; (ஆ) 0·0542 %
7. 0·478 கிராம்—செ.மீ.
8. 0·145 வெபர்/ச.மீ.
9. 48°
10. 4·1614
11. (அ) 0·2 வோ ; (ஆ) 0·08 வோ
12. 125·4°
13. (அ) 41·1% (குறைவாக) ; (ஆ) 0·04% குறைவாக.
14. 83·3°C
15. (அ) 17·7 (ஆ) 13·5
16. 0·3 ஆ ; 0·74 ஆ ; 133.3 வா ; 77·8 வா.
17. 175 சதுர செ.மீ. 8·9% அதிகம்.

பயிற்சி 3

1. 0·045 ஓம்
2. 0·263 ஓம்

3. (அ) 3·94% (குறைவாக) (ஆ) 0·77%(குறைவாக)
4. 44·12 ஆ ; — 1·95%
5. 9636 ஓம்கள்
6. 4511·6 ஓம்கள்
7. 0·707 மை.மை·பா
8. $1{\cdot}126 \times 10^{-4}$ வெபர் ; 102
9. 1700 ஆ ; — 13·33 % ; 3·25°. 40 சுற்றுகள் குறைய வேண்டும்
10. 1·07% ; 0·75°
11. —0·8% ; — 0·338°

பயிற்சி 4

1. 630·8 வாட்டுகள்
2, (அ) 1·1% ; 1·23% (ஆ) 4·8% ; 0·25%
3. 12%
4. 1·67 மில்லிஹென்றி
5. 66·67 கிலோ வாட்டுகள் ; 33·33 கிலோ வாட்டுகள்
6. 26 கி.வா ; 52 கி.வா ; திறன் கூறு 0.866
7. 7·2 கி.வா.
8. 265 கி.வா. ; 935 கி.வா ; 493 கி.வா,—228 கி.வா ; 409 கி.வா, 526 கி.வா.
9. 56·5 கி.வா ; 15·25 கி.வா, 41·25 கி.வா.
10. (அ) 120 Ω ; (ஆ) 75 Ω ; (இ) 53·6 Ω (ஈ) 550 வா ; (உ) 0·458 ; (ஊ) 1300 வா ; (எ) 0·77
11. (அ) 20 Ω ; (ஆ) 202 வா ; (இ) 0·63

பயிற்சி 5

1. (அ) 0·4% ; 0·909 (ஆ) 0·7% ; 0·995
2. 19·5 மில்லி ஆம்பியர்
3. 0·00972
4. (அ) 0·89 கிராம்-செ.மீ. (ஆ) 1·25 கிராம்-செ.மீ.
5. 7·2%
6. 2200 ஓம்கள்
7. 816·2 வா ; 235·1 வா ; 581·1 வா.
8. 2017 கிலோ வாட்டுகள்

பயிற்சி 6

1. 0·9% (வேகமாக)
2. 2% (வேகமாக)
3. 27·5%
4. 0·75% (மெதுவாக)
5. 6·54% (மெதுவாக)
6. 19·2 சுற்றுகள்/மணித்துளி ; (அ) 0·24% ; (ஆ) 12·3%
7. 0·82% (வேகமாக)
8. (அ) 0·57% மெதுவாக ; (ஆ) 1·43% மெதுவாக
9. 1·67% மெதுவாக.

பயிற்சி 7

1. 106 மை. கூலம் ; 111 மை. கூலம்
2. 1500 மை. கூலம் ; 9·55 மை. கூலம்
3. 2·8 மை. பா.
4. 7000 ஓம்கள்
5. 450 ஓம்கள்
6. 80·8 மை. கூலம்கள்
7. 35·4
8. 76·5°
9. $0{\cdot}7054 \times 10^{-4}$ வெ-சுற்றுகள்
10. 0·00918 Ω
11. 10^{-4} வெ-சுற்று.

பயிற்சி 8

1. 11·5 ஹென்றி ; 0.96 மை. பா.
2. 9·82 ஹென்றி ; 41·5
3. 1.4 % அதிகம் ; 5% குறைவு
4. ஒரு மணித்துளிக்கு 30 சுற்றுகள் ; ஒரு மணித்துளிக்கு 30 தடவைகள்.
5. ஒரு மணித்துளிக்கு 1365 சுற்றுகள்.

துணை நின்ற நூல்கள்

1. Fundamentals of Electrical Measurements, *C. D. Baldwin*
2. Electrical Measurements and Measuring Instruments, *E. W. Golding*
3. Electrical Measurements, *Satyanarayana Rao*
4. Electrical Instruments and Measurements, *Alexander*
5. ஆங்கில-தமிழ் அகராதி, *அ. சிதம்பரநாத செட்டியார்*
6. கலைச்சொற்கள் தொகுப்பு, *தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்*

கலைச் சொற்கள்

(ஆங்கிலம்-தமிழ்)

A

absolute	—	முதல்
acceleration due to gravity	—	ஈர்ப்பு முடுக்கம்
accuracy	—	துல்லியம்
accurate	—	மிகச்சரியாக, பிழையில்லாத
adjustment	—	சீரமைப்பு
advantage	—	அனுகூலம்
aging	—	தளர்ச்சி
air chamber	—	காற்றறை
air friction	—	காற்றுராய்வு
alternating current	—	மாறுமின்சாரம் (மின்னோட்டம்)
alternator	—	மாறு மின்னாக்கி
ammeter	—	மின்னோட்டமானி
ampere hour	—	ஆம்பியர்மணி
ampere turn	—	ஆம்பியர்சுற்று
amplitude	—	வீச்சு
angular velocity	—	கோண விரைவு
annealing	—	பதனாற்றல்
annular	—	வளைவடிவ
anode	—	நேர் முனை
anticlockwise	—	இடஞ்சுழி
applied voltage	—	கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம்
armature	—	மின்னகம்
assume	—	தற்கொள்
attraction	—	கவர்ச்சி

B

back e.m.f.	—	எதிர் மின் இயக்கு விசை
balance	—	சமநிலை
ballistic galvanometer	—	அலைவு காட்டும் கால்வனிமானி
band	—	பட்டை
bar	—	சட்டம்
bar magnet	—	சட்டக்காந்தம்

battery — மின்கல அடுக்கு
bearing — தாங்கி
bevel — சரிவு
brake — தடுப்பு
brush — தொடுவி
brightness — பொலிவு

C

cable — வடம்
calibrate — அளவீடு செய்
cam — முனைப்புச்சக்கரம்
cancel — நீக்கு
capacitance — மின் தேக்குதிறன்
case — பெட்டி
cathode — எதிர்முனை
charge — மின்னேற்றம்
choke — தூண்டுசுருள்
circuit — மின்சுற்று
clamp — பற்றி
classification — வகைப்படுத்தல்
clock meter — கடிகார அளவி
clock wise — வலஞ்சுழியாக
coercive force — காந்த நீக்கு விசை
coil — சுருள்
columb — கூலம்
commutator — திசை மாற்றி
compare — ஒப்பிடு
compensation — ஈடு செய்தல்
compensator — ஈடு கட்டி
component — கூறு
compression — இறுக்கம்
condenser — மின்தேக்கி
conductor — கடத்தி
co-efficient — கெழு
conical — கூம்பு
constant — மாறிலி
construction — அமைப்பு
consume — உபயோகி
control — கட்டுப்படுத்தல்
contact — தொடுமுனை

core — உள்ளகம்
correction — திருத்தம்
corrosion — அரிப்பு
cosine — கொசைன், கிடக்கை
crank — வணரி
creep — ஊர்தல்
critical — மாறுநிலை
current — மின்னோட்டம்
cycle — அலைவு

D

d.c. — நேர் மின்சாரம்
damping — ஒடுக்கல்
decrement — குறையுந் தொகை
define — வரையறு
deflection — விலக்கம்
degree — பாகை
delta — முக்கோண
demagnetization — காந்த நீக்கம்
depreciation — மதிப்பிறக்கம்
design — திட்ட அமைப்பு
device — சாதனம்
diagram — வரிப்பு
dial — முகப்புத்தகடு
dielectric constant — மின். கடத்தாப் பொருள் மாறிலி
differential gear — வேறுபாட்டுப் பல்லிணை
differentiate — வகைஈடுகாண்
direction — திசை
disadvantage — பிரதிகூலம்
disc — வட்டத்தகடு
discharge — இறக்கம்
divider — பிரிப்பான்
drop — சரிவு
drum — உருளை
dynamometer — இயங்களவி

E

earth — நில இணைப்பு
eddy current — சுழல் மின்னோட்டம்

edge — விளிம்பு
effect — விளைவு
electrode — மின்வாய்
electrolyte — மின்பகு பொருள்
electrolytic — மின் பகு
electrolytic meter — மின் பகுப்பளவி
electro magnet — மின் காந்தம்
electro meter — மின் அளவி
electro motive force (emf) — மின் இயக்குவிசை
electro static — நிலை மின்
element — உறுப்பு
energise — ஆற்றலளித்தல்
energy — ஆற்றல்
energy meter — ஆற்றலளவி
equation — சமன்பாடு
error — பிழை
example — எடுத்துக்காட்டு
excitation — எழுச்சி, கிளர்ச்சி
expression — கோவை
extension — விரிவாக்கல்

F

factor — காரணி
fatigue — நலிவு
fibre — இழை
field — புலன்
field strength — புலவலிமை
fluid — பாய்மம்
flux — பாயம்
flux density — பாய அடர்த்தி
force — விசை
forward — முன்னோக்கு
frequency — அலைவெண்
fundamental — அடிப்படை
funnel — புனல்

G

galvanometer — கால்வனி மானி
gear — பல்லிணை
gear ratio — பல்லிணைத்தகவு

gear wheel train — பல்லிணைத் தொகுதி
graduated — அளவுக் குறியீடு செய்த
gravity — ஈர்ப்பு
grid — வலை

H

hair spring — முடி வில்
head — முகடு
heater — சூடாக்கி
high tension — உயர் அழுத்த
horizontal — கிடை
harmonics — கிளையலைகள்
hot wire — சுடுகம்பி
hysterisis — தயக்கம்

I

imaginary — மெய்யிலா
impedance — மின் எதிர்ப்பு
inaccurate — செம்மையில்லாத
indefinite — வரையறுத
independent — சார்பற்ற
indicate — காட்டும்
inductance — மின் நிலைமம்
induction motor — தூண்டு மின்னோடி
inertia — மடிமை
infinitesimal — கழி நுண்
iron pig — வார்ப்பிரும்பு
iron soft — தேனிரும்பு
instantaneous — கண
insulated — காப்பிட்ட
insulator — காப்பான்
integrate — தொகைகாண்
integrating — தொகு
intensity — செறிவு
interaction — குறுக்கீட்டுச்செயல்

J

jewelled bearings — மணித்தாங்கிகள்

K

kilowatt hour	—	கிலோவாட் மணி

L

laminated	—	தகட்டடுக்கு
layer	—	அடுக்கு
level	—	சமமட்டம்
line	—	மின்வழி
logarithm	—	மடக்கை

M

magnetic line	—	காந்தக்கோடு
magnetism	—	காந்தவியல்
magnitude	—	எண் மதிப்பு
main	—	முதன்மை
mains	—	முதன்மை மின்முனைகள்
material	—	பொருள்
maximum	—	உச்ச
maximum demand indicator	—	பெருமத்தேவை காட்டி
mechanism	—	இயந்திர நுட்பம்
meter	—	அளவு
minute (time)	—	மணித்துளி
minute (angle)	—	கலை (கோணம்)
miscellaneous	—	பலவகைப்பட்ட
moment of inertia	—	மடிமைத் திருப்புமை
motor	—	மின்னோடி
moving	—	இயங்கும்
moving iron	—	இயங்கிரும்பு
moving system	—	இயங்கமைப்பு
multiplier	—	பெருக்கி
mutual inductance	—	பரிமாற்று மின்நிலைமம்

N

nameplate	—	பெயர்ப்பட்டை
negative	—	எதிர்
negligible	—	தவிர்க்கத்தக்க
neutralize	—	நடுநிலை செய்தல்
neutral point	—	சுழல் வலிமைப்புள்ளி
non-inductive	—	தூண்டாத

O

operating — இயக்கும்
order of — வரிசையில்
oscillate — அலைதல்
oscillation — அலைப்பு
overdamped — மிகை ஒடுக்கப்பட்ட
oxidation — ஆக்சிஜனேற்றம்
oval — முட்டையுரு

P

pair — ஜோடி
parallax — இடமாறு தோற்றம்
parallel — இணை
pendulum — ஊசல்
periphery — புற எல்லை
permeability — உட்புகு திறன்
phase — நிலை
piston — உந்து தண்டு
pivot — சுழற்சித்தானம்
pointer — குறிமுள்
polarity — முனைமை
pole — முனை
polyphase — பன்னிலை
portable — தூக்கிச் செல்லக்கூடிய
power factor — திறன்கூறு
precision — நுட்பம்
primary — முதன்மை
principle — தத்துவம்
proportional — விகித சமமான
pulley — கப்பி

Q

quadrant — கால்வட்டம்
quantity — கணியம்

R

R M S value — பயன் மதிப்பு
radial — ஆரை
radian — ஆரையன்

range — நெடுக்கம்
rate of change — மாறு வீதம்
rating — அறுதியீடு
reactance — மின் மறுப்பு
reaction — எதிர் வினை
reactive power — எதிர் வினைத்திறன்
reading — காட்சிப்பதிவு
real — மெய்யான
recording — பதி கருவி
rectifier — திருத்தி
rectify — திருத்து
reed — அதிர்வுத்தகடு
reference — மாட்டேறு, குறிப்பீட்டு
relation — தொடர்பு
reluctance — காந்தத்தடை
repulsion — எதிர்த்துத் தள்ளுதல்
reservoir — தேக்கி
residual magnetism — எஞ்சிய காந்தவியல்
resistance — மின் தடை
resonance — ஒத்திசைவு
restoring — மீட்சி
resultant — தொகு பயன்
retardation — தடுக்கம்
reverse — முன்பின்னுக்கிய, புரட்டிய
revolution — சுற்று
robust — வலுவுள்ள
rod — தடி
rotor — சுழலி

S

sag — தொய்வு
saturate — தெவிட்டிய
scale — அளவுத்திட்டம்
அளவுக்குறிகள்
search coil — துருவுசுருள்
secondary instrument — வழிகருவி
secondary winding — துணைச்சுருணை
section — வெட்டுமுகம்
sector — வட்டக்கோணப் பகுதி
series — தொடர்

shaft	—	தண்டு
short circuit	—	குறுக்கீடு
shunt	—	இணைத்தடம்
sine	—	சைன், நெடுக்கை
slack	—	தளர்ச்சி
slot	—	காடி
sluggish	—	தாமதமுள்ள
solenoid	—	வரிச்சுருள்
source	—	மூலம்
spindle	—	கதிர்
spiral spring	—	சுருள் வில்
spring	—	வில்
square	—	வர்க்கம்
standard	—	படித்தர
star	—	முக்கிளை
storage	—	சேமிப்பு
strain	—	திரிபு
stray	—	வெளி
supply	—	கொடுவாய்
suspended	—	தொங்கும்
suspension	—	தொங்கல்
synchroscope	—	கணக்கால்காட்டி
system	—	அமைப்பு
switch	—	இணைப்பி

T

tapping	—	தொடுகை
tariff	—	கட்டணம்
temperature	—	வெப்பநிலை
tension	—	நீட்சி
term	—	உறுப்பு
terminal	—	மின்முனை
theory	—	அறிமுறை
thermionic	—	வெப்ப மின்னணு
thermometer	—	வெப்பநிலைமானி
thread	—	மின்முனை
time constant	—	நேரமாறிலி
tin	—	தகரம்
torsional head	—	முறுக்குமுகடு
torque	—	சுழற்றுமை

transformer	— மின்மாற்றி
trigger	— துவக்கி
turn	— சுற்று
twist	— முறுக்கு
type	— வகை

U

unbalanced	— சரிசமனற்ற, சமநிலை பிரன்ட
underdamped	— குறைஒடுக்கம்
unit	— அலகு

V

valve	— ஓரதர்
vane	— இதழ்
velocity	— விரைவு
vertical	— நிலைகுத்தாக
vibration	— அதிர்வு
viscosity	— பாகுநிலை
voltmeter	— மின்னழுத்தமானி

W

wattmeter	— திறனளவி
wave form	— அலைவடிவம்
weld	— உருக்கி ஒன்றுக்கல்
winding	— சுருணை
wire	— கம்பி

Y

yoke	— இணைப்புச்சட்டம்
Young's Modulus	— யங்கின் குணகம்

Z

zero position	— பூச்சியநிலை

———

தமிழ்நாட்டுப் பாட நூல் நிறுவனம்

சென்னை-600031

தமிழில் பயில்பவர்க்குக் கல்லூரிப் பாட நூல்கள்
(Tamil Medium Books for Colleges)
1975 ஏப்ரல்வரை 650 நூல்கள் வெளியிடப்பட்டுள்ளன

மேலும் விரைவில் வெளிவருபவை

பொறியியல்	—	39	நூல்கள்
சட்டம்	—	17	,,
மருத்துவம்	—	18	,,
இயற்பியல்	—	23	,,
வேதியியல்	—	20	,,
தாவரவியல்	—	13	,,
விலங்கியல்	—	14	,,
கணிதம்	—	17	,,
வணிகவியல்	—	37	,,
பொருளாதாரம்	—	21	,,
புவியியல்	—	11	,,
வரலாறு	—	29	,,
மனையியல்	—	1	,,
தத்துவம்	—	4	,,
உளவியல்	—	8	,,
புள்ளியியல்	—	8	,,
கல்வி	—	14	,,
நிலப்பொதியியல்	—	6	,,
அரசியல்	—	19	,,

கிடைக்குமிடம் :

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனக் கிடங்கு
(கல்லூரிக் கல்வி இயக்குநர் அலுவலகச் சுற்றுக்குள்)
கல்லூரிச் சாலை, நுங்கம்பாக்கம்,
சென்னை-600006

கல்லூரிப் பாடநூல்களுக்கு 20% கழிவு வழங்கப்படும்